

Visuelle Aspekte der Leistungsfähigkeit des Schiedsrichters im Volleyball – Analyse von leistungsrelevanten Beeinträchtigungen, ein Literaturüberblick über visuelles Training in Bezug auf reale Spielbedingungen und Vorschlag von visuellen skills für die Wettkampfsteuerung

Bernd Meyer

**Elektronisch veröffentlicht am 23.03.2016 in der
Digitalen Bibliothek Braunschweig
Publikationsserver des Wissenschaftsstandortes Braunschweig**

unter: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00062607>

Teilergebnisse dieser Arbeit wurden vorgetragen auf dem 9. Sportspiel-Symposium der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs) als Beitrag zum DVV-Symposium (AK DVV 3) am 25. September 2014 in Kassel.

Abstract in:

N. Hagemann, F. Loffing, A. Albert, S. Fischer, T. Heyer & F. Sölter (Hrsg.). (2014). "Sport.Spiel.Trends: interdisziplinär, innovativ, international" (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 238, S. 94). Hamburg: Feldhaus, Ed. Czwilina.

Visuelle Aspekte der Leistungsfähigkeit des Schiedsrichters im Volleyball – Analyse von leistungsrelevanten Beeinträchtigungen, ein Literaturüberblick über visuelles Training in Bezug auf reale Spielbedingungen und Vorschlag von visuellen „skills“ für die Wettkampfsteuerung

1 Bedeutung von visueller Wahrnehmung im System Schiedsrichter

Schiedsrichterurteile lassen sich auffassen als Produkte der **sozialen Informationsverarbeitung** (Plessner & Raab, 1999) im sozialen [Basissystem Schiedsrichter](#)¹. Der Entstehung eines Schiedsrichterurteils liegt hierbei ein kognitiver Prozess der sequentiellen Informationsverarbeitung zugrunde, dessen Ablauf in folgende Stufen aufgeteilt werden kann (Fiedler & Bless, 2002; Bless, Fiedler & Strack, 2004, S. 19):

- Wahrnehmung
- Kategorisierung
- gedächtnisbezogene Organisation
- Urteilen und Entscheiden

Trotz wechselseitiger Abhängigkeiten, Überlappungen oder möglicher Rückkopplungen beruht die Abfolge dieser Stufen auf einer logischen Basis, d.h. in allen Prozessstadien bauen spätere Stufen auf früheren auf. Wegen ihrer anfänglichen Anordnung in dieser Abfolge kommt Wahrnehmung hinsichtlich Fehlerfortpflanzungen in der Entstehung eines Schiedsrichterurteils somit eine besondere Bedeutung zu. Wahrnehmung findet statt in verschiedenen **Stufen eines Wahrnehmungsprozesses**. Eine grundlegende Stufe ist die sogenannte physiologische Ebene, auf der eine Aufnahme und Umformung (Kodierung) der physikalischen Reize erfolgt. Ähnlich wie bei der beschriebenen Informationsverarbeitung auf Empfängerebene im Ablauf der [Kommunikation](#) kann es auch bei der Verarbeitung von aufgenommenen physikalischen Reizen zu unterschiedlichen Ergebnissen im Prozessablauf kommen, wobei sinnesphysiologische Bedingungen der Wahrnehmung wichtige Einflussgrößen sind.

Aspekte der Wahrnehmung – genauer der visuellen Wahrnehmung, insbesondere unter Wettkampfbedingungen (vgl. Starkes & Allard, 1983) – konstituieren folglich wichtige und spezifische Gegenstandsbereiche in einem Bestandteil des [Systems Schiedsrichter](#) wie der Aus- / Fortbildung von Schiedsrichtern. Dementsprechend ergeben sich typische Ziele und Aufgaben. Generell lassen sich unterscheiden:

¹ Aus Gründen der Kompatibilität mit einer Hypertext-Datenbank (BSRA, 2014) werden Querverweisen entsprechende Begriffe nachfolgend durch Unterstreichung hervorgehoben.

- **Theoretische Erfordernisse:** Hierbei steht das Bedürfnis im Vordergrund, durch eine **Analyse von Einflüssen auf die visuelle Leistungsfähigkeit** (z.B. sinnesphysiologische / nicht-sinnesphysiologische Bedingungen der visuellen Wahrnehmung, Blickverhalten² (prozedurales Handeln, Urteilen & Entscheiden), Ausführung von Sehhandlung als Anteil der [Körpersprache](#) des Schiedsrichters) spezifische Probleme der visuellen Wahrnehmung und entsprechende Auswirkungen auf die Praxis zu erkennen.
- **Praktische Erfordernisse:** Diese setzen Kenntnisse über Probleme der visuellen Wahrnehmung voraus und orientieren sich an einer Bereitstellung von Empfehlungen zur **Steuerung der visuellen Leistungsfähigkeit**.

Praktische Forderungen in der Aus- / Fortbildung zielen auf verschiedene Anwendung wie

- Wettkampfsteuerung,
- Entwicklung der visuellen Leistungsfähigkeit (Wahrnehmungstrainings),
- obligatorische Kontrolle der visuellen Leistungsfähigkeit;

während für eine Analyse von sinnesphysiologischen / nicht-sinnesphysiologischen Bedingungen der visuellen Wahrnehmung lediglich solche Bedingungen, die sich hinsichtlich der Schiedsrichtertätigkeit als leistungsrelevant einschätzen lassen (vgl. Abschnitte 3.1, 3.2), von Bedeutung sind.

2 Problematik der visuellen Wahrnehmung des Schiedsrichters im Volleyball

Wegen der Rückschlagcharakteristik des Volleyballspiels (große Häufigkeit von vergleichbaren zeitlichen Abläufen in Beobachtungsaufgaben) lässt sich die Problematik der visuellen Wahrnehmung des Volleyballschiedsrichters im Wesentlichen aus einer Konträrität des Begriffs der Beobachtungskompetenz verstehen, wobei zwischen zeitstrukturellen Größen der visuellen Wahrnehmung und jenen des Spiels zu unterscheiden ist. Dadurch ermöglicht sich auf eine einfache Weise durch Zeitvergleich eine Beurteilung der Beobachtungskompetenz des Schiedsrichters (vgl. Belda Maruenda, 2004), wogegen empirische Untersuchungen mit einem hohen experimentellen Aufwand verbunden sind (zur dynamischen Ortungspräzision von Linienrichtern siehe Jendrusch, Tidow & de Marées, 1989; Tidow, 1993).

² Unter Blickverhalten versteht man **Blickbewegungen** und die dazwischen liegenden **Fixationen** sowie **deren zeitliche und räumliche Abfolge**. Im Kontext sportwissenschaftlicher Forschung überblickt Bornemann (2010, S. 40 ff. u. S. 47 ff.) Methoden zur Registrierung von Blickbewegungen und bisherige Untersuchungen zum Blickverhalten. Zudem lassen sich schiedsrichterspezifische Aspekte anführen. Das Blickverhalten hängt nicht nur ab vom Expertise-Niveau des Schiedsrichters. Weitere mögliche Einflussfaktoren sind physischer oder emotionaler Stress, Müdigkeit oder unterschiedliche Instruktionen (vgl. Rienhoff & Strauß, 2014). Unterschiede in Fixationen (Anzahl, Dauer und Lokation) zeigen sich bei differierenden sportlichen Wahrnehmungsaufgaben. Für bspw. die Aufgabe des Entscheidens im Sport lässt sich ein 95%-Konfidenzintervall der Fixationsdauer von 0.03-0.27 s (N=20) angeben (Mann et al., 2007).

2.1 Problem zeitstrukturelle Größen der visuellen Wahrnehmung

Zeitstrukturelle Probleme der Wahrnehmung des Schiedsrichters im Volleyball beim Beobachten von bewegten Objekten haben folgende mögliche Ursachen, denen sich jeweils spezifische zeitliche Größen zuordnen lassen:

- Die Informationsaufnahme kann kurzzeitig unterbrochen sein.
 - **Verschlusszeiten** (z.B. Lidschlag, sakkadische Suppression, externe Verdeckungseffekte, u.v.m.)
- Menschliche Wahrnehmung bleibt i.Allg. hinter der realen Zeit zurück.
 - **Zeitdifferenz bei Wahrnehmungstäuschung** („Flash-lag Effect“)
 - **Reaktionszeiten** (insb. Auswahlreaktionen³)

Beispiele (Auswahlreaktionen):

- mögliche zu pfeifende Fehler in Netznähe (Spielfehler am Netz, Fehler beim Angriffsschlag, Fehler beim Blocken)
- Ball „aus“ (Problem: letzte Ballberührung durch Blockspieler oder Netzkanten)

Zu beachten: Eine Verringerung der Dauer einer Auswahlreaktion ermöglicht sich u.a. durch (vgl. Krüger, 1982):

- zentralnervale Aktivierung
- Kenntnis über sehr geringe Wahrscheinlichkeiten, mit denen bestimmte zu beurteilende Ereignisse auftreten
- vorhandene Entscheidungsstrategien, die auf einem „Lernen der Sequenz“ beruhen

Um viele Probleme dynamischer Abläufe der visuellen Wahrnehmung des Volleyballschiedsrichters quantifizieren zu können, lassen sich typische Größenordnungen von relevanten Zeiten durch Verzögerungs- / Verschlusszeiten mit Werten um 80 ms, wie sie bspw. beim „Flash-lag Effect“ auftreten (Nijhawan, 1994), verdeutlichen. In dieser Zeit legt ein schnell fliegender Ball (100 km/h) bereits ca. 2 m zurück.

2.2 Problem zeitstrukturelle Merkmale und Größen des Spiels

Neben nicht-vernachlässigbaren Werten von zeitstrukturellen Größen wie denen des visuellen Systems sind von Bedeutung zur Analyse der Problematik der visuellen Wahrnehmung im Sportspiel Volleyball Begriffe wie **Dynamik** oder **Schnelligkeit**, die wesentliche Merkmale zur Charakterisierung des modernen Volleyballspiels sind. Sie finden sich u.a. im Kapitel „Charakteristik des Spiels“ in neueren Auflagen der internationalen Spielregeln. Zu einer weiteren Charakterisierung seien folgende Angaben angeführt:

- „Volleyball ist wie Schach – nur mit Tempo 130 km/h“ (Hotz, 1984)

³ Für häufig zu erbringende Reaktionsleistungen des Volleyballschiedsrichters lassen sich Reaktionszeiten zuordnen **einfachen Reaktionen** oder **Auswahlreaktionen**. Dabei kommt der Dauer einer Auswahlreaktion eine besondere Bedeutung zu, da eine Abhängigkeit von der Informationsmenge, die der SR aufnehmen muss, besteht (**Hick'sches Gesetz**).

- Triade modernen Volleyballs (Voigt, 2009):
 - Zunahme der (Spiel-) Geschwindigkeit
 - Erhöhung der (Situations-) Komplexität
 - Kombination aus beidem

Darüber hinaus lassen sich viele dynamische Abläufe im Spiel durch Werte von volleyballspezifischen zeitstrukturellen Größen quantitativ beschreiben. Wichtige Beispiele für derartige Größen sind v.a. **Ballflugdauer** (nach Angriffsschlag), **Sprungdauer** (nach Angriffsschlag)⁴, **Spielzugdauer** (Tab. 2).

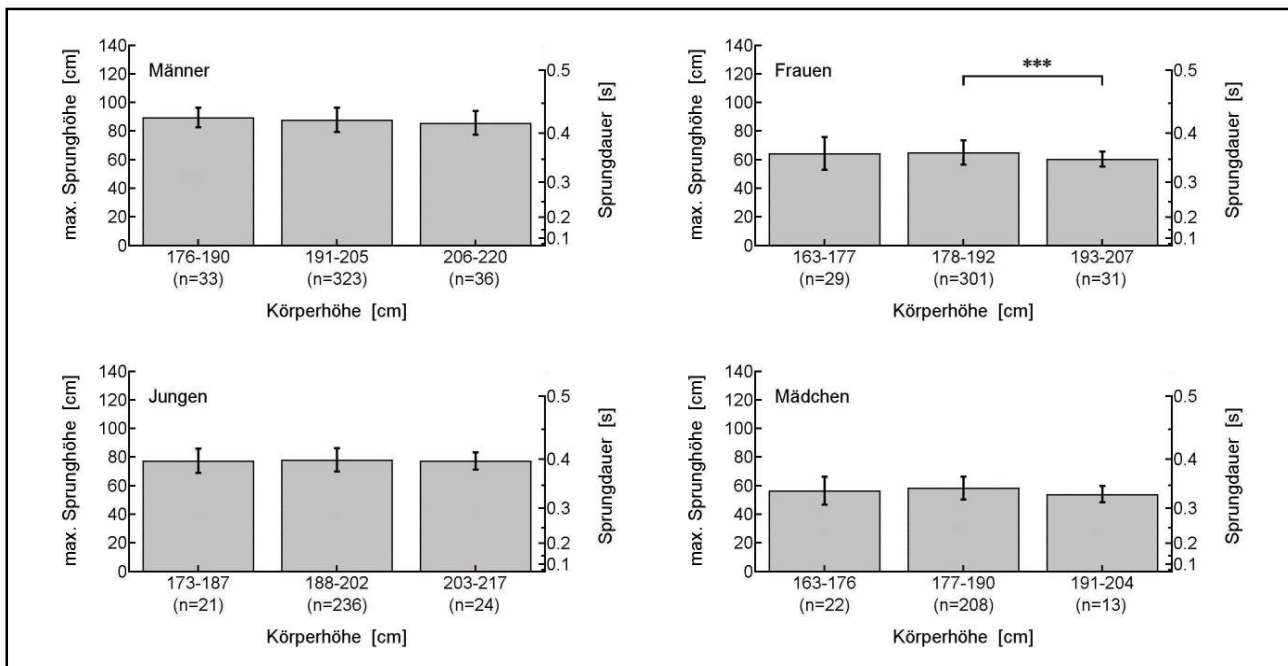


Abb. 1: Maximale Sprunghöhe (\propto (Sprungdauer nach Angriffsschlag)²) von Volleyballspieler(inne)n unterschiedlicher Körperhöhengruppen. Untersuchungsdesign: Datenerhebung (CEV) Mannschaften Pl. 1-16 (Erwachsene) bzw. Pl. 1-12 (Jugend) EM 2013, ausgenommen Liberos⁵; anthropometrische Daten (Flügel, Greil & Sommer, 1986, S. 116) und Korrektur von Fehlern in der Datenerfassung (max. Sprunghöhe < 40 cm). Als Grenzen bei der Unterteilung einer jeweiligen Stichprobe sind gewählt Perzentile (P10, P90) der Häufigkeit der Körperhöhe. Vergleichbare M und M \pm SD der linken und rechten Ordinatenachsenszuordnung zeigen nur geringe Abweichungen auf einer gemeinsamen Skala (rel. Fehler < 1%), weshalb für die rechte Ordinatenachse nicht aufgetragen ist.

- Hinsichtlich der Schiedsrichterpraxis scheint von Interesse einerseits die Frage, ob für kleine Körperhöhen gegenüber großen innerhalb eines Wettbewerbs vergleichsweise längere Sprungdauern zu erwarten sind (Abb. 1) sowie andererseits Unterschiede in der mittleren Sprungdauer bei Unterscheidung nach Art des Wettbewerbs (Tab. 1). Berechnungen von einfaktoriellen Varianzanalysen zur Untersuchung der ersten Fragestellung liefern einen signifikanten Haupteffekt lediglich für die Körperhöhen-einteilung der Frauen ($F(2,358)=3.967$, $p=0.020$, $\eta^2=0.022$), der bei Analyse der Kontraste (Abweichung) auf den Beitrag der Körperhöhengruppe 193-207 cm (Kontrastschätzer=0.012, $p<0.001$) zurückzuführen ist. Eine sich anschließende Post-Hoc-Analyse (Games-Howell-Test) verdeutlicht zudem, dass die Sprungdauer nach Angriffsschlag der Körperhöhengruppe 193-207 cm hochsignifikant kürzer ist als jene der Gruppe 178-192 cm (mittlere Differenz = -0,013, Standardfehler = 0.003, *** $p<0.001$).
- Einer solchen Unterscheidung liegen zugrunde unterschiedliche, auf dem Regelwerk beruhende Befugnisse für den Libero und Spieler(innen) wie Zuspieler(in), Angreifer(in) und Blocker(in) sowie statistische Unterschiede hinsichtlich der maximalen Sprunghöhe ($t=2.242$, $df_{\text{corr}}=56$, $p=0.029$ (Männer); $t=3.808$, $df=402$, $p<0.001$ (Frauen); $t=1.001$, $df=312$, $p=0.317$ (Jungen); $t=0.248$, $df=273$, $p=0.804$ (Mädchen)).

Tab. 1: Alters- und geschlechtsspezifische Vergleiche der Sprungdauer nach Angriffsschlag (Stichproben siehe Abb. 1). Angegeben sind Werte für praktisch bedeutsame Größen wie die Differenz von mittleren bzw. maximalen Sprungdauern nach Angriffsschlag.⁶

	Männer vs. Jungen	Frauen vs. Mädchen	Männer vs. Frauen	Jungen vs. Mädchen	Männer vs. Mädchen	Jungen vs. Frauen
$\Delta \bar{f}$ [ms]	25	19	61	55	80	36
Δt_{\max} [ms]	39	21	60	42	81	21

Tab. 2: Mittlere Spielzugdauern im Volleyball nach Einführung des Rally-Point-Scoring-Systems⁷ (Czimek, 2012).

	Männer	Frauen
national	5.2 s	7.0 s
international	5.6 s	7.0 s

Folgerungen

Die beschriebenen konträren Probleme sind die Ursache dafür, dass die visuelle Informationsaufnahme von Spiel-Akteuren im Volleyball oft mit grenzwertigen Herausforderungen / Überforderungen verbunden ist,⁸ wie auch folgende Aussage verdeutlicht:

„Wenn Sportarten wie Baseball, Tennis oder Volleyball langsamer gespielt würden, wären sie „Kinderspiele“. Sie sind es aber nicht, aufgrund der hohen Anforderungen an die visuelle Wahrnehmung, wegen der Komplexität der Spielhandlung sowie der Notwendigkeit, unter permanentem Zeitdruck zu agieren.“ (Allard & Starkes, 1980, übersetzt nach Jendrusch und Heck (1998)).

Eine Analyse, Diagnose und Leistungssteuerung des visuellen Systems sollte daher von naheliegendem Interesse sein. Dabei kommt der Problematik der visuellen Wahrnehmung des Volleyballschiedsrichters eine spezifische Bedeutung zu.

Bezeichnungen und einige Abkürzungen

Trainings- / spielpraktische Empfehlungen sind in diesem Beitrag ausschließlich als originäre Handlungshinweise, die für den Schiedsrichter zur Lösung eines zuvor beschriebenen Problems der visuellen Wahrnehmung vorgeschlagen werden, angegeben. Ihnen ist ein spezielles Symbol (➔) vorangestellt. Lässt sich einer solchen Empfehlung eine weitere unterordnen, so ist diese gemäß ihrer Hierarchie durch ein erweitertes Symbol (➔➔) gestuft. **Leistungssteigernde / leistungslimitierende Einflüsse** sind entsprechend ihrer Tendenz durch „+“ bzw. „-“ bewertet.

⁶ Ergebnisse aus statistischen Untersuchungen (t-Test für unabhängige Stichproben) liefern ausschließlich hochsignifikante Effekte von mittelgroßer ($r=0.36$ (zweite Spalte)) und großer Effektstärke ($r>0.51$ (übrige Spalten)).

⁷ Abweichende Werte für untere Spielklassen sind möglich.

⁸ In diesem Zusammenhang sei hingewiesen auf ein wichtiges schiedsrichterspezifisches Beispiel der Problematik der visuellen Wahrnehmung, nämlich die Beurteilungssituation „in“/„out“-Entscheidung bei Linienbeobachtung und schnellem Ballflug. Sie kommt vergleichsweise sehr häufig vor und erfordert eine hohe **Beobachtungskompetenz**, da der Ballauftreffort möglichst im Augenblick der Bodenberührung des Balles und mit einer hohen Wahrnehmungsgüte zu beobachten ist.

Ferner weist das Symbol „ \Rightarrow “ auf **Folgerungen** hin.

Zudem finden sich im Text Abkürzungen wie SR und LR. Sie entsprechen den Begriffen Schiedsrichter und Linienrichter in gebräuchlicher Weise.

Häufig wird im Text jedoch nicht zwischen SR und LR unterschieden und lediglich der Begriff (Volleyball-)Schiedsrichter verwendet. Dieser bezieht dennoch den LR mit ein, da in der Spielpraxis die Anforderungen an die visuelle Leistungsfähigkeit für LR und SR ähnliche sind. Eine Unterscheidung wäre ohnehin nicht erforderlich, wenn der SR auch Einsätze als LR erhält bzw. der LR als SR eingesetzt wird, wie es derzeit u.a. zahlreichen Ansetzungen für oberste nationale Ligen zu entnehmen ist.

3 Einflüsse auf Beeinträchtigungen der visuellen Wahrnehmung des Schiedsrichters im Volleyball, spezifische Problemfelder und spielpraktische Empfehlungen

3.1 Nicht-sinnesphysiologische Bedingungen

Neben sinnesphysiologischen Bedingungen können weitere Faktoren die visuelle Wahrnehmung erheblich beeinflussen. Sie lassen sich unterteilen in:

- (1) **physische**
- (2) **psychische** (Aufmerksamkeitszuwendung, gedächtnispsychologische Aspekte)
- (3) **vestibuläre** (Auge-Kopf-Körper-Koordination)
- (4) **externe** ((a) Verdeckungseffekte, (b) ungünstige visuelle Perspektive bei Beobachtungsaufgaben unter Einbeziehung einer projizierten längeren Linie, u.v.m.)

Für die Schiedsrichterpraxis sollten folgende mögliche Hinweise bzgl. dieser Bedingungen von Bedeutung sein:

zu (1): Zu beachten: Aufwärmen (+)⁹, leistungssportliche Aktivität im Volleyball (Zwierko et al., 2014) (+), u.v.m.

zu (2): An dieser Stelle soll lediglich hingewiesen sein auf solche psychischen Aspekte der visuellen Wahrnehmung, die eng in Zusammenhang stehen mit speziellen Ereignissen, die einen zeitlichen Einfluss haben auf Informationsflüsse im Gedächtnis. Wichtige Beispiele für derartige Einflüsse sind:

- kurzzeitige Unterbrechung der Informationsaufnahme (z.B. bei Körper- und Blickabwendung des Linienrichters wegen schnellen Ballflugs und Ballauftreffort in unmittelbarer Nähe des LRs)

⁹ Hierdurch ist eine beträchtliche und temporär langandauernde Verbesserung des Sehvermögens möglich, jedoch unter einem erheblichen Aufwand, bspw. entsprechend dem eines 1000-m-Laufes (Kaschuk, 1948, referiert in Krestownikow, 1953, S. 10). Dagegen können höhere physische Belastungen aufgrund von Hemmungsprozessen im zentralen Nervensystem zu einer Verschlechterung der Sehschärfe führen.

- kurzzeitige unbewusste Informationsaufnahme
- (längeres) Warten mit der Initiierung einer Entscheidung nach erfolgter Informationsaufnahme

Zu beachten: Selbst bei sehr kurzer Reizdarbietung (Netzberührung, Ball auf Linie, u.s.w.) ist die zugrunde liegende Information auch noch kurzzeitig nach Verschwinden des Reizes verfügbar, da das retinale Erregungsmuster in fast vollständiger Form auf einer peripheren Ebene des visuellen Systems automatisch (unbewusst) zwischengespeichert wird (ikonisches Gedächtnis (zur Übersicht siehe z.B. Literaturstellen (1)-(5) in Rensink, 2008)). Die Zeitdauer dieser sensorischen Speicherung beträgt jedoch nur ca. 0.2-0.4 s.

➔ Die Verwendung von visueller Information aus dem ikonischen Gedächtnis ist von Bedeutung zur Verbesserung der Effizienz der Entscheidungsfindung (vgl. Vlassova & Pearson, 2013).

➔➔ Visuelle Information ist unverzüglich nach ihrer Darbietung entweder unmittelbar zur Entscheidungsfindung oder zur Aufnahme in das Kurz- / Langzeitgedächtnis zu nutzen.

zu (3): ➔ Typische (gleitende) Kopf- / Körperbewegungen des Volleyballschiedsrichters haben einen unwesentlichen Einfluss auf die Wechselwirkung zwischen vestibulärem System (Gleichgewichtssystem) und visuellem System. Ruckartige Rotationsbewegungen sollten jedoch vermieden werden (vgl. z.B. Loose, 1999).

zu (4(a)): ➔ In Entgegnung auf Verdeckungseffekte ergeben sich sowohl individuelle technisch-taktische als auch kommunikative Anforderungen an das jeweilige Mitglied im Schiedsgericht. So ist auf eine Verbesserung des Stellungsspiels (2. SR, LR) bzw. auf den Einsatz von Kopf- / Körperbewegung hinzuweisen (vgl. MacMahon et al., 2015, S. 52). Zudem ist intensiviertes Teamwork – ggf. unter Zuhilfenahme von vereinbarten Zeichen – empfehlenswert.

zu (4(b)): Zu beachten: Für Blickperspektiven mit Abweichungen von der günstigen Frontalperspektive ist von einer möglichen (geringfügigen) Beeinträchtigung der Beurteilungskompetenz auszugehen (vgl. Oudejans et al., 2000).

➔ Bei der Beurteilung von Positionsfehlern sollte nicht zu „kleinlich“ gepfiffen werden.

3.2 Sinnesphysiologische Bedingungen

Methodische Bemerkungen

Im Folgenden sind sinnesphysiologische Bedingungen der visuellen Wahrnehmung zusammengestellt. Es wird ggf. eine **Begriffsbestimmung** einer jeweiligen Bedin-

gung gegeben. Ihre **Eigenschaften** werden kurz erläutert, sofern dies zum Verständnis der spielpraktischen Empfehlungen erforderlich ist. Darüber hinaus werden die wichtigsten, hinsichtlich der Schiedsrichtertätigkeit zu beachtenden leistungsrelevanten **Merkmale** einer jeweiligen Bedingung angegeben. Die Auswahl von Merkmalen beruht einerseits auf Beobachtungssituationen im Spiel, andererseits werden Eigenschaften der Spielanlage (vgl. Int. Spielregeln, Kap. 1¹⁰) bzw. -Halle berücksichtigt.

Dieses Vorgehen wird abschnittsübergreifend beibehalten. Es bezieht die Ausführungen zu ausgewählten Wahrnehmungsbeeinträchtigungen beim Bewegungssehen (Abschnitt 3.3) mit ein.

3.2.1 Foveales Sehen

Eine die Qualität des fovealen Sehens charakterisierende Größe ist die **statische Sehschärfe** (Visus) (räumliches Auflösungsvermögen des visuellen Systems beim Beobachten von unbewegten Objekten; Fähigkeit, zwei räumlich sehr nah benachbarte Reize auch erkennen (minimum visibile) und unterscheiden (minimum separabile) zu können).

Zu beachten:

- Der Bereich des schärfsten Sehens hat eine Ausdehnung der Richtung der Wahrnehmung von nur 2°; bei bereits 10° sinkt die Sehschärfe auf 20% ihres Maximalwertes ab.
- Durch die statische Sehschärfe werden Teilleistungen beeinflusst wie
 - Raum- und Tiefensehen,
 - Kontrastsehen.
- eine belastungsintensitätsabhängige temporäre Verminderung der statischen Sehschärfe (Augenermüdung)
- eine ernährungsabhängige Verbesserung der statischen Sehschärfe
 - ➔ Empfehlenswert sind Nahrungs- oder Nahrungsergänzungsmittel mit insbesondere Lutein, Karotin; auch solche mit Zink, Selen, Kalzium. Beachte: Blaubeeren („Brillenbrecher“).

Beispiel: Linien-, Netz-, Blockberührungen bei langer Darbietungsdauer

3.2.2 Peripheres Sehen

Diese Art des Sehens dient dem „unscharfen“ aber ganzheitlichen Erfassen. Speziell ermöglicht peripheres Sehen ein gezieltes Ausführen von Augen- und Kopfbewegungen zur Hinwendung auf ein interessierendes Sehobjekt.

Räumliche Wahrnehmungsmöglichkeiten beim peripheren Sehen lassen sich beschreiben durch das **Gesichtsfeld**. Dieses bezeichnet den Teil der visuellen Umwelt, der bei fixiertem Kopf und unbewegten Augen wahrgenommen werden kann (Ausdehnung: 130° (vertikal) bzw. 180°-200° (horizontal)). Es kann durch den Ein-

¹⁰ In Bezugnahme auf das Regelwerk wird an dieser Stelle, wie auch im Folgenden, die aktuelle Fassung (FIVB, 2012) zugrunde gelegt.

satz von Blickbewegungen auf ein **Blickfeld** mit einer Ausdehnung von bis zu 270° (horizontal) erweitert werden, entsprechend einer nicht unwesentlichen Erhöhung der Beobachtungskompetenz des Schiedsrichters.

Beispiele:

- Unsportlichkeiten, Ball rollt auf Spielfeld, u.v.m. bei Blickabwendung des SRs
- **Problem synchron-optische Beobachtungssituation** des 2. SRs in 2. BL:¹¹
Hierin besteht die Schwierigkeit sowohl über Spielfehler am Netz nach Angriffsschlag zu entscheiden als auch in zeitlich sehr geringem Abstand eine „in“/„out“-Entscheidung beim Beobachten des Ballauftreffortes an „eigener“ Seitenlinie zu treffen.
 - ➔ Ein rechtzeitiges Erkennen der Schlagtechnik im Angriffsspiel (Lob¹² vs. harter Angriffsschlag) ermöglicht es dem 2. SR, den Umfang seines zeitbedingten Entscheidungsrepertoires abzuwägen. Nur im Fall des Lobs ist ein Beobachten der Seitenlinie mit einer hohen Wahrnehmungsgüte i.A. noch möglich.¹³
 - ➔➔ In diesem Zusammenhang wird seitens der Trainer häufig Kritik wie „Du hast nur aus den Augenwinkeln wahrgenommen“ geäußert. Dem oder einem Vorwurf der Blicktäuschung lässt sich durch den Einsatz von Kopfbewegung beim tatsächlichen Beobachten der Seitenlinie entgegenen.

3.2.3 Kontrastsehen

Zu beachten: Abnahme der Beleuchtungsstärke führt zu einer Verschlechterung v.a.:

- der statischen Sehschärfe
- des zeitlichen Auflösungsvermögens des visuellen Systems

3.2.4 Raum- und Tiefensehen

Zu beachten: Zusatzinformationen durch einen inhomogenen Hintergrund sind von Bedeutung (Problem „Fensterwand“):

- Ohne Informationen durch einen Hintergrund ist bspw. das Beobachten eines frontalen Ballfluges besonders problematisch, da sich die räumliche Position des Balles nur über seine wahrgenommene Größe bestimmen lässt.
- Je homogener der Hintergrund ist, desto langsamer wird eine Bewegung eingeschätzt.

¹¹ Dieses Problem ist dem peripheren Sehen zugeordnet (vgl. Jendrusch, 2002), obwohl der Ort eines der beiden nahezu zeitgleich auftretenden und zu beobachtenden Ereignisse auch außerhalb des Gesichtsfeldes wahrgenommen werden kann.

¹² Ein geeignetes Beobachtungskriterium ist der Bereich Arm / Oberkörper: Öffnung der Schulterachse ==> Ausschluss harten Angriffs.

¹³ Zu einer erweiterten Diskussion unter Einbeziehung von Verfeinerungen im Grad an Schlaghärte und von weiteren Differenzierungen (Länge des Ballflugweges nach Angriffsschlag, Sprunghöhe des Angriffsspielers) siehe Abb. 2.

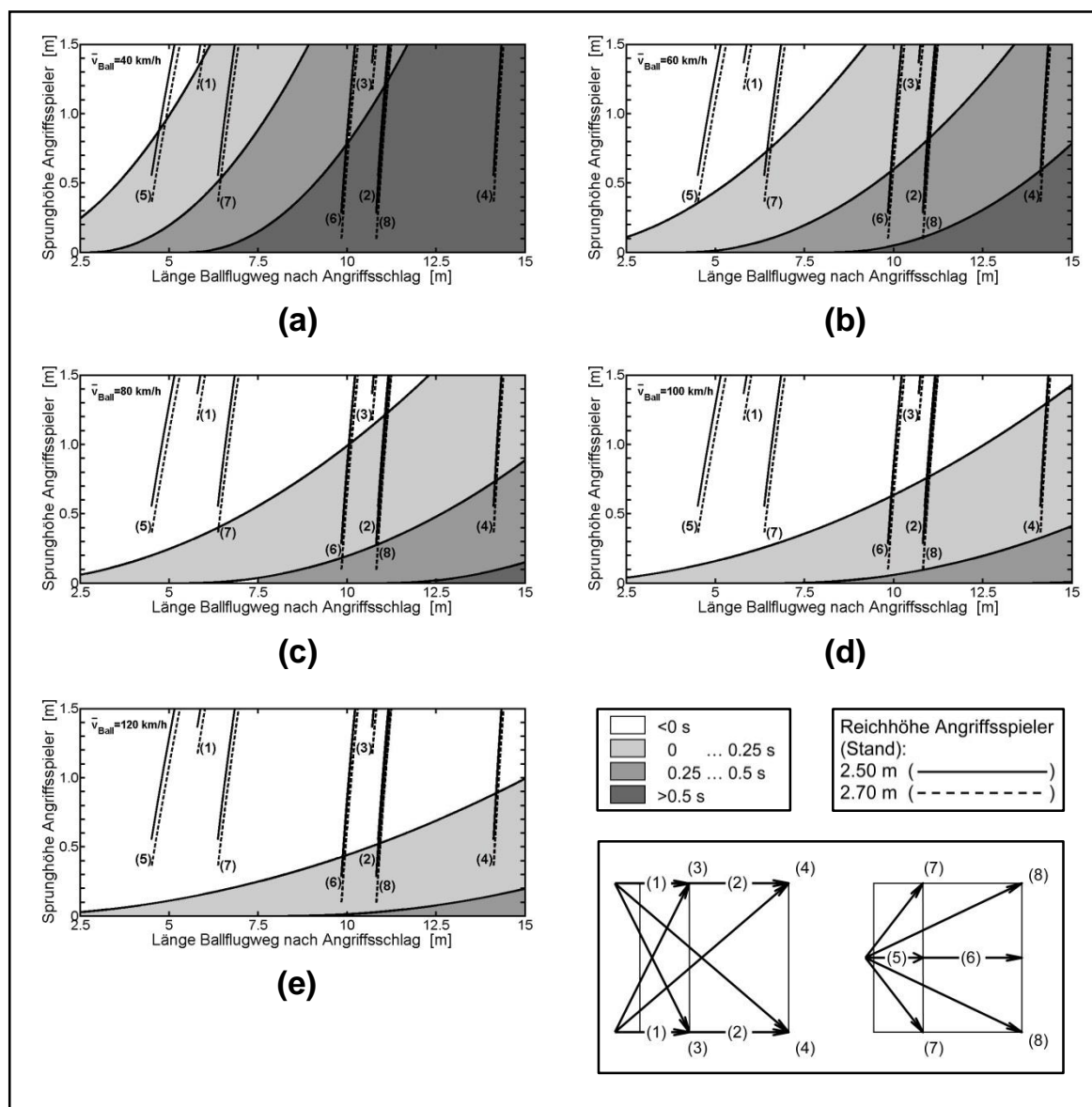


Abb. 2: Aufgetragen sind Isolinien der Zeitdifferenz zwischen Bodenberührung des Balles und Landung des Angreiffsspielers (0 s, 0.25 s und 0.5 s), berechnet auf Grundlage eines einfachen biomechanisch-kinematischen Modells (vgl. Tilp, 2004; Fröhner, Kowitz & Wagner, 1978). Unterschieden ist nach Angriffsschlägen, die sich durch einen bestimmten Grad an Schlaghärte auszeichnen (Konturdiagramme (a)-(e)). Für die angegebenen Werte einer mittleren Ballgeschwindigkeit \bar{v}_{Ball} lassen sich nach Fröhner et al. (1978) die Angriffsschläge einteilen in:

- (a) Lob sowie
- (b) Angriffsschlag der Bewertung leicht,
- (c) mittel,
- (d) hart und
- (e) sehr hart.

Zum Vergleich sind Ergebnisse aus einer 3D-Analyse von typischen, als geradlinig angenommenen Ballflugwegen für eine Netzhöhe von 2.43 m mit angegeben (Kurven (1)-(8)).^{14, 15} Eine Klassifizierung der Fälle (1)-(8) durch Projektion der Trajektorien der jeweiligen Ballflugwege in die Ebene des Spielfeldes findet sich im Innenbild. Für die Entfernung des Abschlagortes zur Mittellinie ist gewählt ein Wert von 0.5 m (Angriff über Mitte) bzw. 1.5 m (Außenangriff oder Hinterfeldangriff über Position 1 / 5), wobei letzterer Wert einem optimalen Abschlagort für einen Angriff gegen einen Zweierblock entspricht (Kao, Sellens & Stevenson, 1994). Angegebene Werte für die Reichhöhe des Angreiffsspielers sind beispielhaft gewählt und beruhen auf Ergebnissen aus neueren Untersuchungen zur historischen Entwicklung der Körperhöhe im Männervolleyball (Meininger, 2012).

- ➔ Die Beobachtung einer derartigen Spielsituation erfordert insbesondere das Aufbringen einer erhöhten Aufmerksamkeitszuwendung.

Beispiele:

- Unterscheidung von Spielern im Gruppenblock (Bestimmung des Spielers, der das Netz berührt (2. SR))
- Ballflug bis Linienberührung (LR Seitenlinie¹⁶)

3.2.5 Dynamisches Sehen

Ein Parameter zur Einschätzung der visuellen Leistungsfähigkeit beim Bewegungssehen ist die sog. dynamische Sehschärfe. Die beiden nachstehend angeführten Begriffe dynamische Sehschärfe und maximale Ortungsgeschwindigkeit werden häufig synonym unter dem Oberbegriff „dynamische Sehschärfe“ zusammengefasst. Wegen seiner besonderen Nähe zur Spielpraxis – v.a. in Bezug auf eine Möglichkeit zur Beurteilung der Notwendigkeit von Blickstrategien – wird jedoch nur auf letzteren näher eingegangen.

- **Dynamische Sehschärfe** (räumliches Auflösungsvermögen des Auges bei konstant bewegten Objekten (vgl. statische Sehschärfe); Erkennung eines möglichst kleinen Objektdetails bei meist relativ geringen Geschwindigkeiten des Sehobjekts)
- **Maximale Ortungsgeschwindigkeit** (ca. 270 °/s¹⁷) (noch-Erkennung eines (größeren) Objektdetails bei einer möglichst hohen Geschwindigkeit)

Zu beachten: Mit (-) / ohne (+) Kopffixierung sind unterschiedliche maximale Ortungsgeschwindigkeiten erreichbar (zur Übersicht siehe Jendrusch, 1995, S. 17).

- ➔ Beim Beobachten eines schnellen langen Ballfluges (1. SR) ist der Einsatz einer Kopfbewegung zu berücksichtigen.

¹⁴ Um entsprechende Angriffsschläge ausführen zu können, ist eine minimale Sprunghöhe h_{\min} des Angriffsspielers erforderlich. h_{\min} lässt sich berechnen gemäß $h_{\min} = NH \cdot (1 + |x_a/x_e|) - RH + 2 \cdot r_{\text{Ball}} + \Delta z$, wobei NH die Netzhöhe, RH die Reichhöhe des Angriffsspielers (Stand), r_{Ball} den Ballradius und x eine Koordinate in der Ebene des Spielfeldes parallel zu Seitenlinien bezeichnet. Der Fußzeiger a steht für den Abstand des Abschlagortes zur Mittellinie, und e weist auf die Entfernung zwischen Ballauftreffort und Mittellinie hin. Δz gibt an, wie weit die Schlaghand über die Oberkante des Balles reicht (Kurven (1)-(8): $\Delta z = 0$).

Verallgemeinernd lassen sich durch Δz Einflüsse auf Höhenanteile der minimalen Abschlaghöhe in ihrer geometrischen Konstruktion erfassen. Ein Beispiel für einen Einfluss ist die motorisch bedingte Verringerung des Höhenanteils der Länge RH (Ball wird nicht im „höchsten Punkt“ getroffen, Körperhaltung im Zeitpunkt des Abschlages entspricht nicht jener Haltung bei Messung von RH).

¹⁵ Die aufgetragenen Kurven für einen jeweiligen Ballflugweg und unterschiedliche Reichhöhen unterscheiden sich in Lage und Form dadurch, dass sie in Ordinateenrichtung um die Differenz der Reichhöhen gegeneinander verschoben sind. Die Netzhöhe hat keinen Einfluss in dieser Konstruktion.

¹⁶ LR Seitenlinie: LR 1 bzw. 3 von 1-4 (vgl. Int. Spielregeln, Bild 10).

¹⁷ Vgl. hierzu den Wert für eine entsprechende **Tangentialgeschwindigkeit** (in km/h). Er ergibt sich, indem der angegebene Wert der **Winkelgeschwindigkeit** durch 360 dividiert und mit sowohl $3.6 \cdot 2\pi$ als auch dem Wert des Radius R einer Kreisbahn (R in SI-Basiseinheit) multipliziert wird (vgl. auch Zahlenbeispiele in Tab. 3).

Tab. 3: Umrechnungstabelle für Geschwindigkeiten¹⁸: Tangentialgeschwindigkeit (in km/h) für ausgewählte Wertebereiche der Winkelgeschwindigkeit und des Radius. Die Wertebereiche sind von Bedeutung für spielpraktische Beobachtungssituationen beim dynamischen Sehen bzw. bei der Wahl zur Ausführung von verschiedenen Arten der Augenbewegung.

		Winkelgeschwindigkeit [°/s]													
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Radius [m]	1	3	6	9	13	16	19	22	25	28	31	35	38	41	44
	2	6	13	19	25	31	38	44	50	57	63	69	75	82	88
	3	9	19	28	38	47	57	66	75	85	94	104	113	123	132
	4	13	25	38	50	63	75	88	101	113	126	138	151	163	176
	5	16	31	47	63	79	94	110	126	141	157	173	188	204	220
	6	19	38	57	75	94	113	132	151	170	188	207	226	245	264
	7	22	44	66	88	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308
	8	25	50	75	101	126	151	176	201	226	251	276	302	327	352
	9	28	57	85	113	141	170	198	226	254	283	311	339	368	396
	10	31	63	94	126	157	188	220	251	283	314	346	377	408	440
	11	35	69	104	138	173	207	242	276	311	346	380	415	449	484
	12	38	75	113	151	188	226	264	302	339	377	415	452	490	528
	13	41	82	123	163	204	245	286	327	368	408	449	490	531	572
	14	44	88	132	176	220	264	308	352	396	440	484	528	572	616
	15	47	94	141	188	236	283	330	377	424	471	518	565	613	660

Beispiel: schnelle Ballflüge in jeweils einem (annähernd) konstanten radialen Abstand zum SR

➔ Für hohe Ballgeschwindigkeiten kann die zum Beobachten des Ballflugs erforderliche maximale Ortungsgeschwindigkeit für Beobachtungsentfernungen zu niedrigen radialen Abständen hin nicht mehr aufgebracht werden. Einem Grenzzustand entsprechender **kritischer radialer Abstand**, bei dem gerade die maximale Ortungsgeschwindigkeit erreicht wird, hängt ab von der Ballgeschwindigkeit. Er nimmt zu mit zunehmender Ballgeschwindigkeit (Bsp.: 60 km/h und 3.5 m, 80 km/h und 4.7 m, 100 km/h und 5.9 m, 120 km und 7.1 m).

==> Notwendigkeit von Blickstrategien für insbesondere Beobachtungsentfernungen mit geringem radialen Abstand

Zu beachten: Eine wesentliche Einflussgröße auf die dynamische Sehschärfe ist die **Darbietungsdauer** des Sehobjekts.¹⁹

3.2.6 Anpassungs- und Einstellvorgänge

Um einen schnell und in unterschiedlichen Entfernungen fliegenden Ball möglichst

¹⁸ Den Definitionen der Geschwindigkeiten liegt zugrunde das Modell des Ballflugs auf einer ebenen Kreisbahn des Radius R: Die Winkelgeschwindigkeit gibt an, wie schnell sich der vom Radius überstrichene Winkel mit der Zeit ändert, während die Tangentialgeschwindigkeit die zeitliche Änderung des Ballflugweges (Kreisbogenlänge) bezeichnet. Im Gegensatz zur Tangentialgeschwindigkeit ist die Winkelgeschwindigkeit unabhängig von R.

detailliert wahrnehmen zu können, muss sein Abbild beim Beobachten für eine genügend lange Zeit in der Nähe des gelben Flecks gehalten werden. Anpassungsmöglichkeiten an die jeweiligen Wahrnehmungsbedingungen erfordern diesbezüglich insbesondere eine Anpassung an die Entfernung zum Ball sowie ein „Aufsuchen“ des Balles zum Zweck des fovealen Sehens. Wegen der möglichen hohen Ballgeschwindigkeiten im Volleyball erscheinen die beiden nachstehend angeführten Beispiele für Anpassungs- und Einstellvorgänge als besonders problematisch:

Anpassung der Linsenbrechkraft (Akkommodation) und Ausrichtung der Sehachsen (Vergenzbewegungen)

Zu beachten: Muskulär induzierte Linsenkrümmung ist speziell bei der Fern-Naheinstellung (**Nahakkommodation**) besonders wirksam und daher sehr zeitaufwändig (Latenzzeit¹⁹ ca. 0.3 s, Bewegungszeit ca. 0.6 s). Ab einer Entfernung von ca. 6 m ist das Auge „entakkommodiert“, d.h. die Linse ist abgeflacht, und die Sehachsen stehen nahezu parallel (geringe muskuläre Beanspruchung). Im Fall der **Fernakkommodation** ist daher nur eine Latenzzeit zu berücksichtigen. Neben diesen Zeitbedarfen für Akkommodationsvorgänge sind auch jene für Vergenzen nicht vernachlässigbar, da sie eine ähnliche Größenordnung aufweisen.

Beispiel: Problem schneller diagonalen Ballflug nach Angriff Mannschaft A (B) über Position IV (II) bis Ball-Boden-Kontakt im Bereich Schnittpunkt Seiten- / Angriffslinie Mannschaft B (A) (2. SR) (1. SR: entsprechende Situation nach „Drehen“ des Spielfeldes)

- ➔ Spielpraktischen Empfehlungen zur Nahakkommodation sind nicht möglich, trainingspraktische Übungen sind empfehlenswert – i.Allg. Überforderung des visuellen Systems.

Augenbewegungen

Je nach Art des auftretenden Reizes (z.B. langsam sich bewegendes Objekt vs. periphere Veränderung) lässt sich eine Augenbewegung unterscheiden nach gleitender Augenfolgebewegung und Blicksprung (Sakkade). Nachstehend sind einige praktisch bedeutsame Eigenschaften der Komponenten der Augenbewegung sowohl vergleichend als auch unter dem Aspekt des Informationsverlustes zusammengestellt:

- **Gleitenden Augenfolgebewegung:**
 - Verlauf ist willentlich abbrechbar.
 - Latenzzeit relativ kurz (125-150 ms); bei vorhergehender Sakkade vernach-

¹⁹ Zu kurze Zeiten führen zu einer Verschlechterung der Beobachtungsleistung. Beträgt die zur Verfügung stehende Zeit, um einen schnell fliegenden Ball „einzufangen“ und foveal zu beobachten, bspw. nur 0.2 s, so ist eine „in“/„out“-Entscheidung i.Allg. nicht mehr fehlerfrei. Eine entsprechende Fehlerquote kann bis zu 40% betragen (vgl. Sanderson & Whiting, 1974).

²⁰ **Latenzzeit:** Zeitspanne zwischen Auftreten eines Reizes und Beginn der jeweiligen visuellen Bewegung.

lässigbare Latenzzeit der gleitenden Augenfolgebewegung

- maximale Winkelgeschwindigkeit 50-100 °/s

- **Blicksprung:**

- Verlauf zielgerichteter Sakkaden ist programmiert.
- während einer Sakkade unvermeidliche Reduzierung der Wahrnehmung (**sakkadische Suppression**) mit einer maximalen Unterdrückung der verfügbaren visuellen Information um mehr als 80 % (Abb. 3(a))
- hohe Zielgenauigkeit erforderlich (ansonsten zzgl. Korrektursakkade(n) (Abb. 3(b)))
- Latenzzeit im Bereich 80-200 ms, je nachdem, ob Lage des Reizes im Gesichtsfeld bekannt
- abhängig von der Amplitude der Augenbewegung maximale Winkelgeschwindigkeiten im Bereich 600-700 °/s

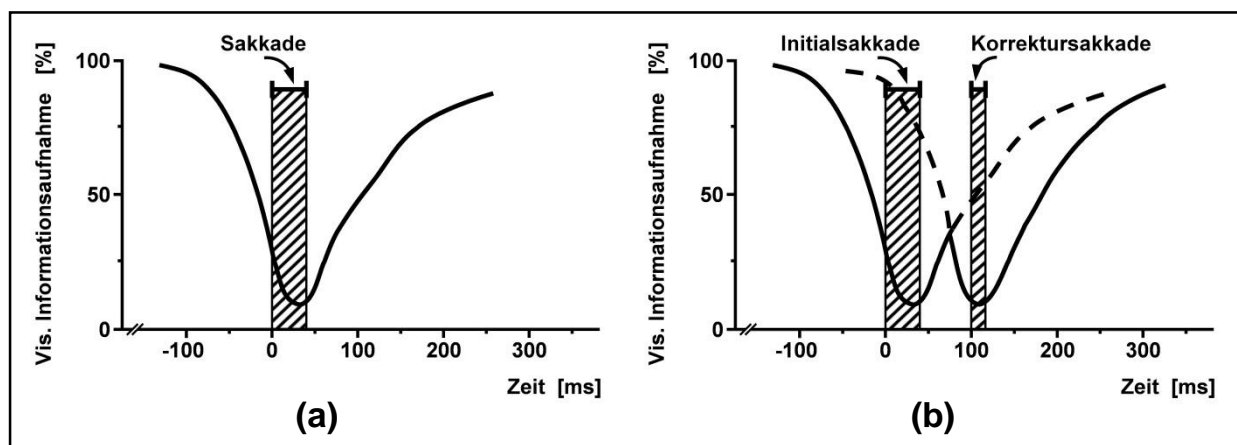


Abb. 3: Zeitverlauf der sakkadischen Wahrnehmung (Neumaier, 1988, S. 107): (a) ohne und (b) mit Korrektursakkade.

➔ Allgemein gilt der Grundsatz: In Beobachtungssituationen mit geringem Zeitbudget sollten Blicksprünge nur sparsam eingesetzt werden.

Beispiel: schneller langer Ballflug bis Linienberührung (1. SR, LR Grundlinie²¹)

➔ „Antizipationstechnik“²²:

- (1) Erfassung der anfänglichen Ballflugkurve
- (2) zur Beurteilung des Ballauftreffortes zu einem optimalen Zeitpunkt Abruf einer zielgenauen Sakkade für das Einholen des sehr schnell fliegenden Balles mit fließendem Übergang (beim Abbremsen der Sakkade) in eine gleitende Augenfolgebewegung²³

²¹ LR Grundlinie: LR 2 bzw. 4 von 1-4 (vgl. Int. Spielregeln, Bild 10).

²² Hinweise zur „Antizipationstechnik“ finden sich in Schrifttümern des Schiedsrichterwesens im Volleyball (Montesi, 2003). Auf das Einüben einer **antizipativ gleitenden Augenfolgebewegung** zum Beobachten von standardisierten Ballflugkurven durch Volleyballspieler weist Voigt (1987) hin, vgl. auch Tidow, Brückner und de Marees (1985) und Tidow, Wühst und de Marees (1987) zur Beobachtung von vergleichbaren sportartübergreifenden Situationen (**antizipatorisches Timing**).

→→ Vorbereitung „Antizipationstechnik“ (LR):

Während einer Spielaktion, die in der dem LR gegenüber liegenden Spielfeldhälfte „läuft“, ist ein mehrmaliges „Scannen“ von Grundlinie und Ball (Auge-Kopf-Koordination) empfehlenswert. Für ein derartiges Blickverhalten (vgl. auch Schnyder et al., 2014) sollten sich zudem keine Einbußen in der Beurteilungsleistung ergeben.

3.3 Ausgewählte Einflussgrößen beim Bewegungssehen

Beeinträchtigungen der visuellen Wahrnehmung beim Bewegungssehen lassen sich weiteren Bedingungen als den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen sinnesphysiologischen Bedingungen zuordnen. Diese Beeinträchtigungen sind bspw. dadurch gekennzeichnet, dass einerseits die Informationsaufnahme kurzzeitig unwillkürlich unterbrochen ist. Zum anderen können Grenzen der Leistungsfähigkeit des visuellen Systems überschritten sein, z.B. indem ein erforderlicher Variablenwert eines das System grundlegend charakterisierenden hochfrequenten Merkmals sich auf natürliche Weise nicht erreichen lässt. Auf Einflussgrößen von zwei, hinsichtlich der Schiedsrichtertätigkeit leistungsrelevanten Beeinträchtigungen soll nachfolgend eingegangen werden.

3.3.1 Zeitliches Auflösungsvermögen der visuellen Informationsaufnahme

Es bezeichnet die minimale Zeit, in der kurz hintereinander auftreffende Reize auch als zeitlich unabhängig voneinander wahrgenommen werden können; auch reziproke Größe der **Flimmerverschmelzungsfrequenz** (FVF), die sich zur Quantifizierung des zentralnervalen Aktivierungszustandes heranziehen lässt (zum Einfluss von Konzentration / Entspannung siehe Busch, 1953).

→ Treten zwei zu pfeifende Fehler (z.B. Angriffsspieler Mannschaft A und Blockspieler Mannschaft B haben regelwidrigen Kontakt mit dem Netz) nahezu gleichzeitig auf, so lässt sich die zeitliche Abfolge nur dann sicher identifizieren, wenn die Zeit zwischen den Fehlern mindestens dem zeitlichen Auflösungsvermögen des visuellen Systems entspricht.²⁴

Zu beachten:

– Da der Wert des zeitlichen Auflösungsvermögens der Netzhaut ca. 15 ... 40 ms

²³ Ein lediglich foveales Beobachten der Grundlinie durch den LR ist i.Allg. unvorteilhaft (vgl. Abschnitt 3.2.5). Anderenfalls wäre ein systematischer Fehler, der auf Wahrnehmungsbeeinträchtigung durch den „Flash-lag Effect“ beruht, nicht auszuschließen (vgl. zur Erklärung von derartigen systematischen Fehlern im Fußball am Beispiel der Beurteilung von Abseitsentscheidungen durch Assistenzschiedsrichter Baldo, Ranvaud & Morya, 2002; Helsen, Gillis & Weston, 2006; Catteeuw et al., 2010c, 2010a). Auf diesen Fehler (mehr „out“- als „in“-Fehlentscheidungen) weisen zudem Ergebnisse aus umfangreichen experimentellen Untersuchungen mit Tennislinienrichtern hin (Jendrusch, 2002). Ferner sollte nicht unerwähnt bleiben, dass in dieser Beobachtungssituation oft die (zu) geringe zeitliche Auflösung des visuellen Systems und unwillkürliche Lidschlüsse als leistungslimitierend zu berücksichtigen sind.

²⁴ Diese Problematik entfällt im Falle einer Beobachtungssituation gemäß Regel 12.7.1 (vgl. Int. Spielregeln), d.h. wenn im Augenblick des Schlagens des Balles der Aufschlagsspieler einen Fehler und der Gegner einen Positionsfehler begeht (2. SR).

beträgt, ergibt sich beim Beobachten bspw. eines sich schnell bewegenden Objektes mit Geschwindigkeit v_{Objekt} auch ein nicht zu vernachlässigender Wert eines räumlichen Auflösungsvermögens Δs , wie folgende Wertepaare verdeutlichen:

v_{Objekt} [km/h]	20	40	60	80	100	120
Δs [m]	0.08 ... 0.22	0.17 ... 0.44	0.25 ... 0.66	0.33 ... 0.88	0.42 ... 1.11	0.50 ... 1.33

- Der erreichbare Wert des zeitlichen Auflösungsvermögens lässt sich neben der zentralnervalen Aktivierung oder bspw. der visuellen Erfahrung (Seitz et al., 2005), des perzeptuellen Lernens (Seitz et al., 2006) und der visuellen Belastung (Carmel et al., 2007; volleyballspezifisch: Jendrusch, Voigt & de Marées, 1992; Voigt & Jendrusch, 1993) durch weitere Faktoren beeinflussen. Einige wichtige physikalische / physiologische sind nachstehend angeführt (Wiemeyer, 1990, S. 43 ff.):
 - Lichtintensität des Stimulus²⁵ (+)
 - Hintergrundhelligkeit (+) und -farbe
 - Form und Größe des Stimulus (kreis- / kugelförmig: Größe des Sehwinkels²⁶ (+))
 - Akkommodationszustand des Auges (nah (+) / fern (-))

Differenzen ΔFVF infolge von praktischen temporären Beobachtungsbedingungen liegen im Bereich von einigen Hz, wobei **größte ΔFVF -Werte** insbesondere für verschiedene Sehwinkel möglich sind.

Für Winkel von 10° und 0.5° und Darbietung im retinalen Bereich der Fovea centralis berichtet Hylkema (1942) über $\Delta FVF = 16 \text{ Hz}$ ($\Delta FVF = FVF(\alpha_1) - FVF(\alpha_2)$, $\alpha_1 > \alpha_2$), entsprechend einem Verhältnis der FVF-Werte von 1.4. Dieses Verhältnis lässt sich zwar durch nasale / temporale Darbietungsverschiebung erhöhen, jedoch ist damit verbunden auch eine Änderung eines jeweiligen FVF-Wertes aufgrund der unterschiedlichen Verteilung und Form von Photorezeptoren und anderen Neuronen in der Retina. Dabei ergibt sich die höchste FVF für kleine Testflecke im Bereich der Fovea centralis (u.a. Bornschein & Hanitzsch, 1978; Wolf & Schaffra, 1964; Abraham, Alpern & Kirk, 1986) bzw. für große Reize in der retinalen Peripherie (u.a. Riddel, 1936; Bornschein & Hanitzsch, 1978; Hartmann, Lachenmayr & Brettel, 1979), wobei Unterschiede in der Leuchtintensität oder Wellenlänge zu abweichenden Ergebnissen führen können.

Beispiel: Ball berührt Antenne nach Angriffsschlag von Mannschaft A über Position IV bzw. von Mannschaft B über Position II, der in Antennennähe erfolgt (Problem: Ball zuletzt durch Angreifer oder Block gespielt ?)

➔ Die Beobachtung einer derartigen Spielsituation erfordert das Aufbringen einer

²⁵ Im Bereich mittlerer Lichtintensitäten I_1 , I_2 gilt das **Ferry-Porter-Gesetz** und somit $\Delta FVF = c \cdot \log(I_1/I_2)$, c – Konstante ($c=12 \text{ Hz}$).

²⁶ Bei Gültigkeit des **Granit-Harper-Gesetzes** ergibt sich für kreis- / kugelförmige Geometrien eine theoretische Abhängigkeit vom Sehwinkel α , entsprechend $\Delta FVF = 2 \cdot C \cdot \log(\tan(\alpha_1/2)/\tan(\alpha_2/2))$, C – Konstante.

erhöhten Aufmerksamkeitszuwendung (insbesondere des LR, da der 1. SR über eine entfernungs-bedingt erhöhte Beobachtungskompetenz verfügen kann (Abb. 4)) – jedoch Überforderung des visuellen Systems bei schnellen Bällen und kleinen Abständen zwischen Antenne und Abschlagpunkt, bspw. 96 km/h und 40 cm.

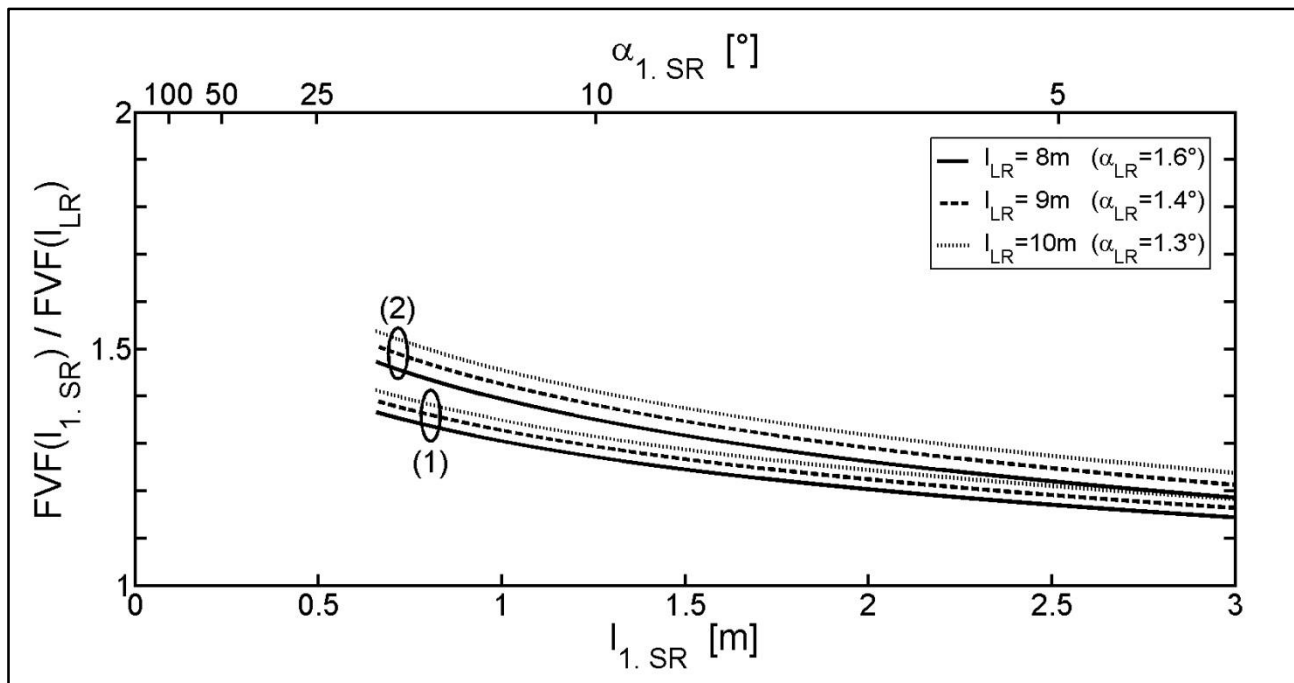


Abb. 4: Ergebnisse einer Simulation der durch Hochfrequenzeigenschaften des visuellen Systems bedingten Beobachtungskompetenz des 1. SRs im Vergleich zum LR in einer spielspezifischen Wahrnehmungsaufgabe (vgl. Text). Das zugrundeliegende Modell beruht auf einer logarithmischen Interpolation (Granit-Harper-Gesetz) mit zwei exemplarisch gewählten Werten der Flimmerverschmelzungsfrequenz FVF, gemessen im photopischen Leuchtdichtebereich bei unterschiedlichen Stimulusgrößen / Sehwinkeln (45.6 Hz (1.5°), 58.4 Hz (10°) (Hylkema, 1942) (Kurven (1); 43.9 Hz (6°), 51.6 Hz (19°) (Geiser, 1977) (Kurven (1)) (zur Korrektur von Stimulusgröße und retinaler Beleuchtung mittels Skalierung vgl. Rovano & Raninen; 1984; Raninen & Rovano, 1986). Als Stimulusfläche ist angenommen eine Kreisscheibe der Fläche $\pi \cdot (r_{\text{Ball}})^2$, entsprechend einem Sehwinkel $\alpha = 2 \cdot \arctan(r_{\text{Ball}}/I)$, wobei r_{Ball} den Ballradius und I den Beobachtungsabstand bezeichnet. Die Kurven sind aufgetragen für $\alpha_{1, \text{SR}} < 19^\circ$ ($I_{1, \text{SR}} > 0.66$ m) (vgl. Hecht & Smith, 1936), wogegen Roehrig (1959) über eine Gültigkeit des Granit-Harper-Gesetzes für $\alpha < 49.6^\circ$ ($I_{1, \text{SR}} > 0.24$ m) berichtet (für eine spielpraktische untere Grenze des Wertebereiches von $I_{1, \text{SR}}$ vgl. Int. Spielregeln, Regel 2.5.1).

3.3.2 Lidschlag

Er ist bislang Gegenstand von nur wenigen sportwissenschaftlichen Untersuchungen (Abb. 5). Lidschlag kann jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Beobachtungskompetenz des SRs oder LR haben. Insbesondere Möglichkeiten einer Kontrolle des willkürlichen Lidschlags sollten daher für die Schiedsrichterpraxis von Interesse sein.

Zu beachten:

- Pupille ist beim Lidschlag für ca. 0.1 s bedeckt
- **Lidschlagrate** erhöht sich bei:

- Ermüdung
- kognitiver Belastung („mental load“)

➔ Lidschlag ist in Beobachtungssituationen mit einer sehr kurzen Darbietungsdauer (insbesondere bei Beobachtung von Linienberührungen) zu vermeiden. Seine Rate sollte möglichst gering gehalten werden. Er ist ggf. vor der Beobachtungssituation zu einem geeigneten Zeitpunkt bewusst einzusetzen.

Weiterhin zu beachten: Die spontane Lidschlagrate kann unter visueller Belastung („visual load“) weniger als 10 min^{-1} betragen (z.B. Veltman & Gaillard, 1996). Da ein Spielzug im Spitzenvolleyball im Mittel nur ca. 5-6 s (Männer) bzw. 7 s (Frauen) dauert, ist während eines Spielzuges Wahrnehmung ohne Beeinträchtigung durch Lidschlag möglich. Im darauf folgenden Zeitintervall ist von einer erhöhten Lidschlagrate („Rebound-Effekt“) auszugehen (vgl. Goldstein et al., 1985).

➔➔ Die Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Spielzügen sollte zur regelmäßigen Berücksichtigung eines Einsatzes von willkürlichem Lidschlag vorzugsweise genutzt werden. Dieses Verhalten eignet sich zudem zur gezielten Stressregulation, welche ein wesentlicher Bestandteil von Rahmenmodellen einer strukturierten Pausengestaltung sein kann (für einen Überblick über mehrphasige Modelle der Pausengestaltung von Tennisspieler(inne)n siehe Brand & Held, 2001).

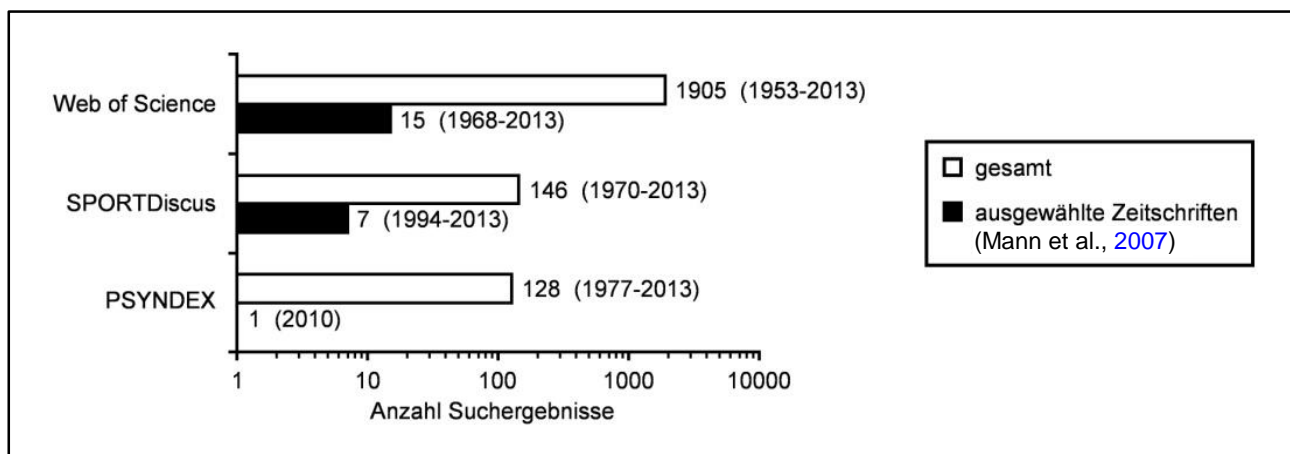


Abb. 5: Trefferanzahlen in einer multiplen elektronischen Literaturrecherche mit Volltextsuche (*SPORTDiscus*, *PSYDEX*) und „Topic“-Suche (*Web of Science*) für das Stichwort „eyeblick“ sowie Trefferanteile für eine Sucheinschränkung. Dem entsprechenden optionalen Suchkriterium genügen Zeitschriften, die Gegenstand einer exemplarisch gewählten Metaanalyse sind. In Klammern angegebene Zeiträume ergeben sich aus den Suchergebnissen (Stand: 2013).

4 Ausblick – Konsequenzen für die Aus- / Weiterbildung

Auf der Grundlage einer zusammenfassenden Bewertung der Ergebnisse der vorangegangenen Ausführungen erlauben sich vielfältige Empfehlungen zur Einflussnahme auf die visuelle Leistungsfähigkeit des Schiedsrichters im Volleyball.²⁷ In Ergänzung zu diesen Empfehlungen und unter dem Aspekt der Verallgemeinerung

lässt sich eine Übersicht von ausgewählten Werkzeugen und Methoden der Leistungssteuerung / -kontrolle, auf die nachfolgend eingegangen wird, in einem dreistufigen hierarchischen Schema angeben (Abb. 6). Dabei ist von drei Hauptrichtungen auszugehen (vgl. Abschnitte 4.1-4.3).

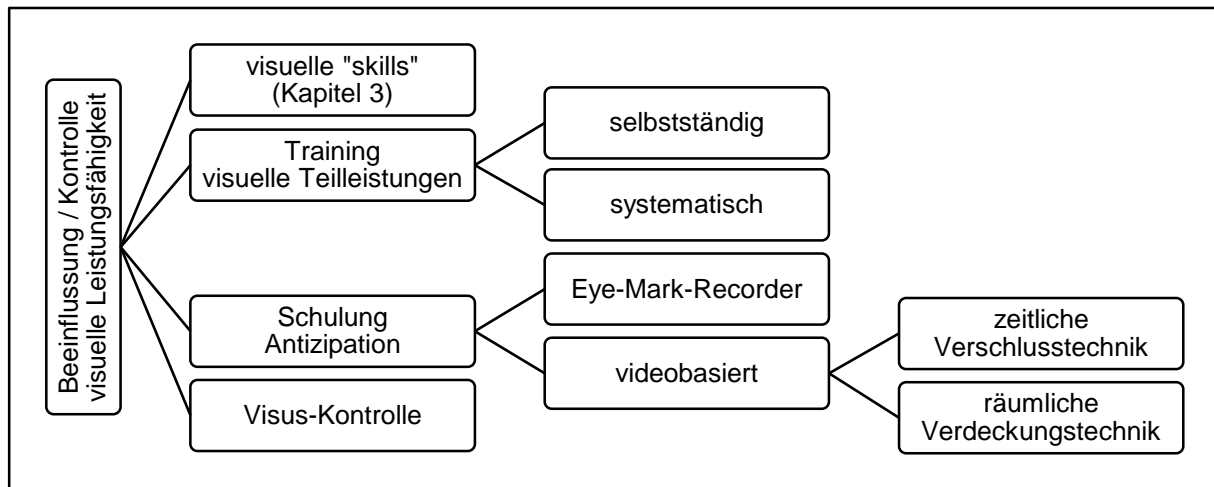


Abb. 6: Modell zur Steuerung / Kontrolle der visuellen Leistungsfähigkeit für die Anwendungsbereiche Wettkampfsteuerung und mittel- / langfristige Wettkampfvorbereitung. Die Aufschlüsselung von videobasierten Methoden zur Schulung der Antizipation ist angegeben gemäß dem Kriterium der häufigsten Verwendung von Methoden im Rahmen der experimentellen Untersuchung von Wahrnehmungsaufgaben im Sport. Weitere sportbezogene Methoden („Pointlight“-Animationen, „Cueing“) finden sich bei Cañal-Bruland (2008, S. 45 ff. u. S. 50 ff.).

4.1 Steuerung der visuellen Leistungsfähigkeit im Wettkampf

Durch die Analyse der leistungsrelevanten sinnesphysiologischen / nicht-sinnesphysiologischen Bedingungen der visuellen Wahrnehmung, die angeführten ausgewählten Wahrnehmungsbeeinträchtigungen beim Bewegungssehen und die gegebenen spielpraktischen Empfehlungen lassen sich die Grenzen der visuellen Leistungsfähigkeit des Schiedsrichters verdeutlichen. Die vorgeschlagenen

- **visuellen „skills“**

bilden somit wichtige visuelle Werkzeuge, die für eine Wettkampfsteuerung des Schiedsrichters hilfreich sein können (vgl. Ghasemi et al., 2011).

Auch wird eine bedeutende psychologische Bedingung der visuellen Wahrnehmung ersichtlich, nämlich eine **der Beobachtungssituation bewusste Aufmerksamkeitslenkung**, die unter Einbehaltung des „**Spannungs-Ruhe-Rhythmus**“ des

27 Neben solchen Empfehlungen sind von Bedeutung in der Entwicklung der visuellen Leistungsfähigkeit von Schiedsrichtern im Sport stetige Einflüsse durch Faktoren wie insbesondere **Wahrnehmungserfahrung** (zur Übersicht siehe Unkelbach, Plessner & Haar, 2009), **motorische Vorerfahrung** (Pizzera & Raab, 2012) und **Zugehörigkeit zu einer höheren Spielklasse** (Volleyball: Lingen, 1993; Handball: Schmidt, 1991; Fußball: Ghasemi et al., 2009). Eine Übersicht von Merkmalen der visuellen Leistungsfähigkeit (Antizipation) von Sportspiel-Experten findet sich bei Jendrusch und Voigt (2010), eine entsprechende Übersicht für Sport-Experten bei Williams, Davids und Williams (2000, S. 138). Über Unterschiede zwischen Schiedsrichter-, Trainer- und Spieler-Experten hinsichtlich antizipatorischer Fertigkeiten im Beachvolleyball berichten Cañal-Bruland, Mooren und Savelsbergh (2011).

Volleyballschiedsrichters (BSRA, 2009) aufgebracht werden sollte. Sie lässt sich auffassen als ein mentales „skill“.

In Ergänzung zu visuellen „skills“ oder als Bestandteil derer ist diese Fertigkeit von besonderer Bedeutung: Eine Verfügbarkeit erst über die Gesamtheit derartiger „skills“ ermöglicht eine optimale Nutzung der Leistung des visuellen Systems.

Darüber hinaus sollte das visuelle System in nicht-spielrelevanten Beobachtungssituationen möglichst wenig beansprucht werden. Beachtenswert hierzu erscheinen einige Konsequenzen in einer präventiven Wettkampfvorbereitung (Ermüdungsvermeidung):

- ➔ Visuelle Ermüdung lässt sich entgegenen durch eine bewusste Wettkampfvorbereitung, bspw. eine Vermeidung nachteiliger Anreisebedingungen am Spieltag (z.B. möglichst keine lange Anreise als Fahrer eines PKW).
- ➔ Für eine kurzweilige Vorbereitung des Wettkampfes (Entspannung der Augen) eignen sich Übungen wie das Palmieren (vgl. Volz, 2012), u.v.m.

4.2 *Trainingspraktische Empfehlungen zur Entwicklung der visuellen Leistungsfähigkeit*

In der Entwicklung der visuellen Leistungsfähigkeit sind Anwendungsgebiete wie die Wettkampfvorbereitung, der langfristige Leistungsaufbau (von insbesondere neuen Schiedsrichterkolleginnen / Kollegen) und der Leistungserhalt von Interesse. Dabei ergeben sich wichtige methodische Forderungen und Hinweise.

4.2.1 *Training von Teilleistungen des visuellen Systems*

Dieses Training dient zur Verbesserung von visuellen Teilleistungen, entsprechend der zuvor beschriebenen sinnesphysiologischen Bedingungen. Übungen aus verfügbaren Trainingsprogrammen oder mögliche Trainingsformen mit Anwendungen in verschiedenen Sportarten (Schapschröer et al., 2011) können der nachstehenden Aufschlüsselung entnommen werden:

- selbstständiges Training durch sportartübergreifende Übungen (zur Übersicht siehe Jendrusch, 2009), wofür sich folgende Übungsbeispiele angeben lassen:
 - Augenmuskel-„Stretching“
 - schnelle Blicksprünge
 - Augenkreisen
 - „Scharfstellen“ auf Objekte in unterschiedlichen Entfernungen, u.v.m.
- ➔ Einige derartiger Übungen sind online verfügbar (z.B. Ahmann, 2013). Sie sollten individuell genutzt werden.
- systematisches Training durch sportartspezifische Übungen
- hybrides Training

Bemerkung: Im Gegensatz zum selbstständigen Training ermöglicht sich beim systematischen Training eine Beurteilung von Aufwand und Effizienz der Trainingsform. Jedoch ist eine Einbindung von externen Experten erforderlich (Entwicklung und Evaluation des Trainingsprogramms).

Zusammenhang zwischen Wirksamkeiten eines allgemeinen und sportartspezifischen Wahrnehmungstrainings

Weiterhin sind Trainingsformen zur Entwicklung der visuellen Leistungsfähigkeit in spielspezifischen Situationen²⁸ bzw. verallgemeinernd in sportartspezifischen Wahrnehmungssituationen von praktischer Bedeutung (zur Übersicht über eine empirische Befundlage siehe Loffing, Cañal-Bruland & Hagemann, 2014). Mögliche inferenzstatistisch oder clusteranalytisch vergleichende Bewertungen der Befunde könnten auf eine grundlegende Frage nach der Abgrenzbarkeit der jeweiligen Trainingsformen zielen.

Ein Nutzen von allgemeinen Wahrnehmungstrainings, wie Trainings von Teilleistungen des visuellen Systems, die zur Verbesserung von Wahrnehmungsleistungen in sportartspezifischen Wahrnehmungssituationen, z.B. in solchen, die Antizipationsleistungen erfordern, dienen sollen, lässt sich entgegen einigen Befunden (z.B. Long & Riggs, 1991) empirisch nicht bestätigen (Long, 1994; Wood & Albernethy, 1997; Albernethy & Wood, 2001; Smeeton et al., 2013). Es wird u.a. argumentiert, dass Experten generell nicht über ein besser trainierbares visuelles System verfügen als Novizen, so dass ihre perzeptiven Höchstleistungen auch nicht darauf zurückgeführt werden können (Rienhoff & Strauß, 2014).

4.2.2 Wahrnehmungsschulung zur Entwicklung von dynamisch-antizipativer Sehleistung

Ziele

Übungen dieser Wahrnehmungsschulung, die als Bestandteil eines impliziten Lernens aufgefasst werden sollten²⁹, sind geeignet, um komplexe visuelle Fertigkeiten wie die mentale Vorwegnahme eines künftigen Bewegungsereignisses (z.B. Ballflug nach Spielaktion) zu entwickeln und somit das Blickverhalten des Schiedsrichters und sein Zeitmanagement zu optimieren. Sie lassen sich speziell verwenden zum Erlernen / Fortbilden eines „Lesens“ von antizipationsrelevanten Bewegungsmerkmalen und -mustern in verschiedenen Spielelementen, wobei die Spielelemente Angriff (Neumaier, 1983) und Aufschlag von größtem praktischem Interesse sind. Derartige Diagnosemerkmale sind daher von besonderer Bedeutung hinsichtlich einer zu erkennenden **Schlagtechnik des Angriffs- / Aufschlagspielers**, durch welche die Ballgeschwindigkeit und die Kurve des Ballflugs wesentlich bestimmt sind. Für ein **Antizipieren der Parameter des Ballflugs** kann daher nicht nur eine Kenntnis der Eigenart einer jeweiligen Schlagtechnik sondern auch eine Information zum Umfang der Variabilität der Schlagtechnik sehr hilfreich sein.

²⁸ Vgl. hierzu auch Trainings zum Erwerb von perzeptuell-kognitiven Fertigkeiten (Catteeuw et al., 2010b, 2000d; Jendrusch, Tidow & de Marées, 1994), die Darbietung videobasiert oder in situ nutzen. Daneben haben Virtual-Reality-Technologien (vgl. z.B. Craig et al., 2006) hinsichtlich einer Verbesserung der Wahrnehmungsleistung in realen Spielsituationen zunehmend an Bedeutung gewonnen.

²⁹ Dagegen scheinen explizite Lernformen insbesondere unter Stressbedingungen als nachteilig, da zu explizite Hinweise in Form von Wenn-dann-Regeln automatisierte Prozesse stören können und somit Einschränkungen im Antizipationsvermögen begünstigen (vgl. Smeeton et al., 2005).

Anwendungen

Im **Spielement Angriff** ist die Variabilität der Schlagtechnik profilbedingt bei den Diagonal- und Außenangreifern am größten. Sie soll am Beispiel des Schlagrepertoires von GER Nr. 10 in 56 Handlungen (OS 2008 Herren) (Zimmermann, 2009) aufgeschlüsselt werden:

Schlagtechnik	Gerade	Verdeckt	Anschlagen	Täuschung	Drehschlag	Handgelenk	Spitz
Anzahl Handlungen	28	1	13	5	2	7	0

- ➔ Beim eindeutigen Erkennen einer jeweiligen Schlagtechnik ist eine geeignete Blickstrategie zu wählen. So lässt sich das verfügbare Zeitbudget bestmöglich nutzen.

Beispiel: Anschlagen (ohne Absicht das Feld zu treffen)

==> Eine lange Darbietungsdauer beim Beobachten des Abschlagpunktes ist i.Allg. möglich.

Im **Spielement Aufschlag** sind derzeit Techniken wie Sprung-Hart / -Spin und Sprung- / Stand-Flutter gebräuchlich, wobei ebenso wie im Spielement Angriff hohe Ballgeschwindigkeiten erreicht werden können (Häyrynen et al., 2007, Moras et al., 2008). Obwohl ein Beobachten des Ballflugs nach der Ausführung des jeweiligen Aufschlags mit einer langen Darbietungsdauer (häufig mindestens die doppelte Ballflugzeit nach einem Angriffsschlag) möglich ist, erschwert sich ein Antizipieren des Ballauftreffortes dennoch, da mit den größten Abweichungen von der anfänglich vorgezeichneten Flugparabel erst im Bereich des letzten Teilstücks der Flugbahn zu rechnen ist (Wei, Lin & Liu, 1988; Kao et al., 1994; Kindermann et al., 2012; zur sportartübergreifenden wahrnehmungsbedingten Illusion von Trajektorien des Ballfluges siehe Craig et al., 2006 (Fußball); Dolgov, McBeath & Sugar, 2009 (American Football); DeLucia & Cochran, 1985; McBeath, 1990; Bahill & Karnavas, 2004 (Baseball); Golby, 1989; Regan, 2012 (Cricket)).

Zu beachten:

- Während einerseits ein frühzeitiges Erkennen des Ausmaßes des Spins (Ober-, Seit- oder kombinierter Spin) zum Antizipieren des Ballauftreffortes von Bedeutung ist, lassen sich zum anderen keine wesentlichen Diagnosemerkmale für den Flatteraufschlag angeben. Für diese Aufschlag-Technik sind die Ballauftrefforte als „nahezu regellos“ (statistisch) verteilt anzunehmen.^{30, 31}
- Aus positionsgebundenen oder mannschaftstaktischen Gründen kommt es im

³⁰ Der neue Spielball (MVA 200) weist jedoch spezifische Flattereigenschaften auf. Seine Flatterneigung in anfänglicher Flugrichtung (Schlagrichtung, Längsrichtung) ist i.Allg. größer als in Querrichtung (Abb. 7, Abb. 8), wobei nach Zimmermann et al. (2012) im Ballflug mit quer liegenden Panels größte Flugweiten erreicht werden. Hinzu kommt, dass der MVA 200 gegenüber dem MVP 200 bei niedrigeren Ballgeschwindigkeiten und in einem größeren Geschwindigkeitsbereich Flatterneigung zeigt (Zimmermann et al., 2010).

³¹ Zur Simulation der Verteilung der Ballauftrefforte erscheinen stochastische Modelle als geeignet (vgl. Wei et al., 1988). Insbesondere Toleranzen bei Messung aerodynamischer Koeffizienten (Fußball: u.a. Kray, 2008, S. 107 ff.) lassen sich darin modellieren.

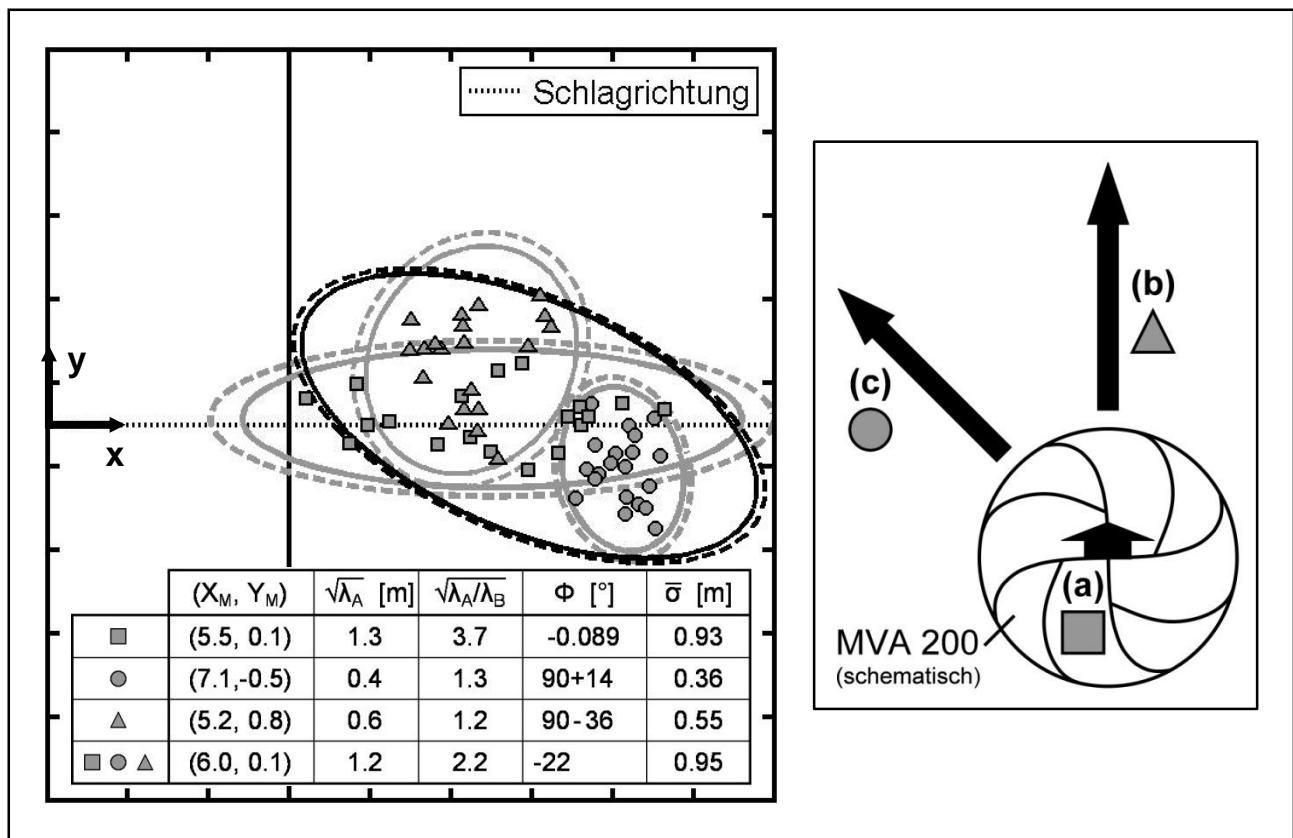


Abb. 7: links: Ergebnisse aus Experimenten zur Bestimmung des Ballauftreffortes (modifiziert nach Asai et al., 2010) sowie 95%-Konfidenzellipsen für einen Vergrößerungsfaktor (Achsverhältnis zwischen Konfidenz- und Helmerter'scher Fehlerellipse) $(\chi^2_{2,0.95})^{1/2}$ (vgl. Niemeier, 2008, S. 275 ff.) (durchgezogene Kurven) und $(T^2(2,N-1))^{1/2}$ (vgl. Grabe, 2011, S. 177 ff.) (unterbrochene Linien). 32, 33, 34, 35 rechts: Balllagen:

- (a) Pole in Schlagrichtung (Panels und Nähte längs),
- (b) Pole seitlich zur Schlagrichtung (Panels und Nähte quer) und
- (c) sonstige, ausgezeichnete Richtung.

Abkürzungen: N – Anzahl der Messpunkte einer Stichprobe; X_M, Y_M – Koordinaten des Mittelpunktes einer Ellipse; λ_A, λ_B – Eigenwerte der Kovarianzmatrix \mathbf{C} der Koordinaten (x_i, y_i) ($i \in [1, 2, 3, \dots, N]$) der gemessenen Ballauftrefforte bzgl. der großen Halbachse (Fußzeiger A) bzw. der kleinen Halbachse (Fußzeiger B); Φ – Richtungswinkel der großen Halbachse bzgl. Schlagrichtung; $\bar{\sigma}$ – auf Grundlage des Spur- oder Varianzkriteriums berechnetes Maß einer mittleren Genauigkeit (vgl. Niemeier, 2008, S. 283).

- 32 Zu Berechnungsvorschriften für Parameter der Helmerter'schen Fehlerellipse wird verwiesen auf Ausführungen in u.a. Jäger et al. (2005, S. 76 ff.) oder Ghilani & Wolf (2006, S. 371 ff.). Die Länge einer jeweiligen Halbachse der Helmerter'schen Fehlerellipse wurde berechnet aus dem Produkt der Wurzel von λ_A bzw. λ_B und der Wurzel eines theoretischen Varianzfaktors σ_0^2 mit der häufig benutzten Annahme $\sigma_0^2 = 1$. Für eine Schätzung von σ_0 durch s_0 eignet sich die Zuhilfenahme eines speziellen Wertes für A, wobei A für $A/B = \text{const.}$ so zu wählen ist, dass die Konfidenzellipse bspw. $N/2$ (N gerade) bzw. $(N+1)/2$ (N ungerade) Ballauftrefforte umschließt bzw. kleinstmöglich umschließt (vgl. z.B. Spitzer et al., 2011). Demnach ergibt sich $(s_0)_{(a)} = 1.06$ (1.38), $(s_0)_{(b)} = 0.97 \dots 0.99$ (1.38), $(s_0)_{(c)} = 1.02$ (1.38) und $(s_0)_{(a)-(c)} = 1.03$ (1.40) mit $s_0 \propto (\chi^2_{2,0.5})^{-1/2}$, wobei Werte für den Ausdruck einer σ_0 -Schätzung nach der Maximum-Likelihood-Methode ($s_0 = (N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - X_M, y_i - Y_M) \cdot \mathbf{C}^{-1} \cdot (x_i - X_M, y_i - Y_M)^T)^{1/2}$) in Klammern angegeben sind.
- 33 Das $(1-\alpha)$ -Quantil der Hotelling'schen $T^2(2,N-1)$ -Verteilung lässt sich angeben unter Verwendung von $(N-2)/(2 \cdot (N-1)) \cdot T^2(2, N-1) \sim F_{2, N-2, 1-\alpha}$, wobei vorauszusetzen ist, dass die Variablen in der Population multivariat normalverteilt sind. Zur Prüfung auf multivariate Normalverteilung eignen sich u.a.

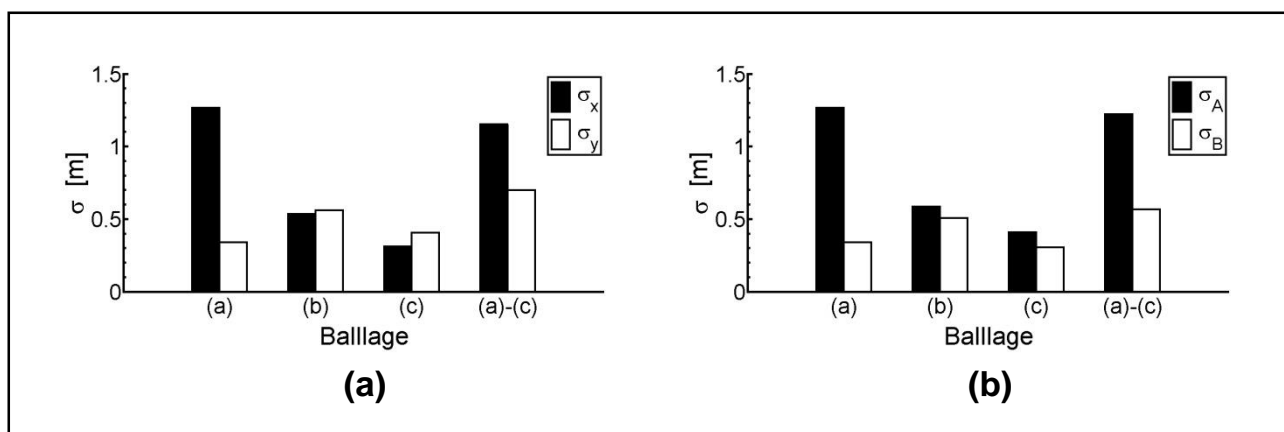


Abb. 8: Standardabweichungen von Koordinaten der Ballauftrefforte aus Abb. 7 im

(a) x-y-Koordinatensystem³⁶ und

(b) in einem jeweiligen um einen Winkel Φ gedrehten Koordinatensystem^{37, 38}.

auch univariate Test-Verfahren (Joenssen & Vogel, 2010). Hiernach zeigt im x-y-Koordinatensystem lediglich die Verteilung der Ordinaten aller Ballauftrefforte (Balllagen (a)-(c)) eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (Shapiro-Wilks $W=0.949$, $df=59$, $p=0.015$), während bzgl. eines jeweiligen (x- X_M)-(y- Y_M)-Koordinatensystems im gedrehten Koordinatensystem (Drehwinkel Φ , Matrix der Koordinatentransformation $A_\Phi = \begin{pmatrix} \cos \Phi & -\sin \Phi \\ \sin \Phi & \cos \Phi \end{pmatrix}$ bzw. A_Φ^{-1} (z.B. Kowalsky & Michler, 2003, S. 210), wobei gilt $A_\Phi^{-1} = A_\Phi^T$ und $\det(A_\Phi) = 1$) für die Balllagen (a)-(c) hochsignifikante Effekte ($W=0.881$, $df=59$, $p<0.001$ (($\cos(\Phi)$, $\sin(\Phi)$)-Richtung), $W=0.839$, $df=59$, $p<0.001$ (($-\sin(\Phi)$, $\cos(\Phi)$)-Richtung)) festzustellen sind.

- 34 Eine Berechnung der Parameter von Ausgleichsellipsen (Ergebnisse in Tab. 4) gegenüber Konfidenz-ellipsen erfordert keine Kenntnis der statistischen Verteilung der Ballauftrefforte. Jedoch ist der Rechenaufwand vergleichsweise i.Allg. hoch.
- 35 Multivariate Mittelwertvergleiche mittels des Hotelling' schen T^2 -Test für zwei unabhängige Stichproben unter Verwendung von $(n_1 + n_2 - 3) / (2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)) * T^2 \sim F_{2, n_1 + n_2 - 3, 1 - \alpha}$ ergeben ausschließlich hochsignifikante Unterschiede im Vergleich der Lage der Mittelpunkte $P_{(a)}$, $P_{(b)}$ und $P_{(c)}$ ($T^2_{(a),(b)}=23.211$, $T^2_{(a),(c)}=54.592$, $T^2_{(b),(c)}=268.202$; alle $ps<0.001$). Eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieses Tests ist Homogenität der Varianz-Kovarianz-Matrizen. Homogenität lässt sich nur für den Vergleich von $P_{(b)}$ und $P_{(c)}$ feststellen (Box-M=7.502, $df=3$, $p=0.058$). Auf weitere Untersuchungen zur Homogenität wurde wegen der annähernd gleichen Werte der Stichprobengröße verzichtet (vgl. Hakstian, Roed & Lind, 1979).
- 36 Aus Quotientenbildung von Varianzen ergibt sich für einen uni-direktionalen Vergleich $F_{(a),(b)}(18,19)=5.595$, $p<0.001$; $F_{(a),(c)}(18,19)=16.522$, $p<0.001$; $F_{(b),(c)}(19,19)=2.953$, $p=0.011$ (x-Richtung) bzw. $F_{(b),(a)}(19,18)=2.707$, $p=0.020$; $F_{(c),(a)}(19,18)=1.413$, $p=0.234$; $F_{(b),(c)}(19,19)=1.916$, $p=0.083$ (y-Richtung) sowie für einen bi-direktionalen Vergleich $F_{(a)}(18,18)=13.890$, $p<0.001$; $F_{(b)}(19,19)=1.090$, $p=0.426$; $F_{(c)}(19,19)=1.680$, $p=0.133$; $F_{(a)-(c)}(58,58)=2.729$, $p<0.001$.
- 37 Aus Quotientenbildung von Varianzen ergibt sich für einen uni-direktionalen Vergleich $F_{(a),(b)}(18,19)=4.669$, $p<0.001$; $F_{(a),(c)}(18,19)=9.556$, $p<0.001$; $F_{(b),(c)}(19,19)=2.047$, $p=0.064$ (Richtung der großen Halbachse einer jeweiligen Fehlerellipse) bzw. $F_{(b),(a)}(19,18)=2.215$, $p=0.049$; $F_{(a),(c)}(18,19)=1.250$, $p=0.317$; $F_{(b),(c)}(19,19)=2.768$, $p=0.016$ (Richtung der kleinen Halbachse einer jeweiligen Fehlerellipse) sowie für einen bi-direktionalen Vergleich $F_{(a)}(18,18)=13.895$, $p<0.001$; $F_{(b)}(19,19)=1.343$, $p=0.263$; $F_{(c)}(19,19)=1.817$, $p=0.101$; $F_{(a)-(c)}(58,58)=4.644$, $p<0.001$.
- 38 Für Beziehungen zwischen Standardabweichungen ergibt sich nach dem Varianz-Fortpflanzungs-Gesetz in allgemeiner Form (lineare Abbildungen): $\sigma_A^2 = \max\{\sigma_x^2 \cdot \cos^2 \varphi + \rho \sigma_x \sigma_y \cdot \sin(2\varphi) + \sigma_y^2 \cdot \sin^2 \varphi, \sigma_y^2 \cdot \cos^2 \varphi - \rho \sigma_x \sigma_y \cdot \sin(2\varphi) + \sigma_x^2 \cdot \sin^2 \varphi\}$ und $\sigma_B^2 = \min\{\sigma_y^2 \cdot \cos^2 \varphi - \rho \sigma_x \sigma_y \cdot \sin(2\varphi) + \sigma_x^2 \cdot \sin^2 \varphi, \sigma_x^2 \cdot \cos^2 \varphi + \rho \sigma_x \sigma_y \cdot \sin(2\varphi) + \sigma_y^2 \cdot \sin^2 \varphi\}$ (vgl. Carosio, 2008), wobei ρ einen Korrelationskoeffizienten bezeichnet, welcher gegeben ist durch $\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) / (\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2)^{1/2}$ mit $\bar{x} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$ und $\bar{y} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N y_i$. Die jeweiligen Extremstellen erhält man

Tab. 4: Ergebnisse aus Berechnungen ausgleichender Ellipsen für Ballauftrefforte und Verhältnisse λ_A/λ_B aus Abb. 7 nach verschiedenen Modellen mit einer Minimierung von den Datenpunkten zugeordneten Residuen entlang der Richtung des Vektors ($\cos(\Phi)$, $\sin(\Phi)$). Die Länge einer großen Halbachse ist so gewählt ($A \rightarrow \hat{A}$), dass gilt gilt

(I) $\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \dots + \varepsilon_N^2 \rightarrow \min$ (L2-Norm),

(II) $|\varepsilon_1| + |\varepsilon_2| + |\varepsilon_3| + \dots + |\varepsilon_N| \rightarrow \min$ (L1-Norm),

(III) $\max\{|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2|, |\varepsilon_3|, \dots, |\varepsilon_N|\} \rightarrow \min$ (L^∞ -Norm),

wobei $\varepsilon_i = A_i - A$ mit $A_i = ((u_i - U_M)^2 + \lambda_A/\lambda_B \cdot (v_i - V_M)^2)^{1/2}$ und $(u_i - U_M, v_i - V_M) = (x_i - X_M, y_i - Y_M) \cdot \mathbf{A}_\Phi$ ($i \in [1, 2, 3, \dots, N]$). Zum Vergleich der verwendeten Modelle sind Werte für ein Genauigkeitsmaß $\Omega_\varepsilon/(N-1) = (\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \dots + \varepsilon_N^2)/(N-1)$ mit angegeben.³⁹ Ergebnisse aus Berechnungen mit einer Minimierung von kürzesten Abständen zwischen Datenpunkten und der Regressionsfunktion ((allgemeine) orthogonaler Regression) sind in Klammern angeführt.⁴⁰ Ergebnisse aus Untersuchungen zum Vergleich der Güte der Regressionsansätze finden sich in der letzten Tabellenzeile.^{41, 42}

	Balllage											
	(a)			(b)			(c)			(a)-(c)		
	L2	L1	L^∞	L2	L1	L^∞	L2	L1	L^∞	L2	L1	L^∞
\hat{A} [m]	1.66 [1.89]	1.58 [1.78]	1.68 [1.92]	0.76 [0.77]	0.67 [0.69]	0.80 [0.81]	0.52 [0.53]	0.49 [0.49]	0.48 [0.53]	1.60 [1.66]	1.49 [1.58]	1.90 [2.07]
$\hat{A}/(\lambda_A)^{1/2}$	1.31 [1.49]	1.25 [1.41]	1.33 [1.52]	1.29 [1.31]	1.14 [1.17]	1.37 [1.39]	1.26 [1.29]	1.20 [1.21]	1.17 [1.30]	1.31 [1.36]	1.22 [1.30]	1.55 [1.70]
$\Omega_\varepsilon/(N-1)$ [m ²]	0.28 [0.06]	0.29 [0.07]	0.28 [0.06]	0.08 [0.07]	0.09 [0.08]	0.09 [0.07]	0.06 [0.04]	0.06 [0.04]	0.06 [0.04]	0.38 [0.15]	0.40 [0.15]	0.47 [0.22]
R^2	0.16			0.03 [0.04]			0.06 [0.09]			0.04		

Spiel zu einem ständigen Wechsel der Aufschlag-Technik. Die dadurch bedingten Unterschiede in den Ballgeschwindigkeiten und Ballflugkurven führen zu hohen Anforderungen an die Flexibilität im Beobachtungsverhalten des SRs / LRs,

bei $\varphi = 0.5 \cdot \arctan\left(2\rho\sigma_x\sigma_y/(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)\right)$ (für eine ausführliche Herleitung siehe Ghilani & Wolf, 2006, S. 371 ff.).

- ³⁹ Für den Fall einer Annahme von zugeordneten Residuen entlang der Richtung des Vektors ($-\sin(\Phi)$, $\cos(\Phi)$) sind wegen $\varepsilon_i^2 = \lambda_B/\lambda_A \cdot (A_i - A)^2$ angegebene Werte für $\Omega_\varepsilon/(N-1)$ mit λ_B/λ_A zu multiplizieren. Die Werte für \hat{A} bleiben dagegen unverändert.
- ⁴⁰ Ein wesentlicher Rechenschritt in der Bestimmung der orthogonalen Residuen ist das Lösen einer Polynomgleichung vierten Grades (Zhang, 1997), wofür sich u.a. das Newton-Raphson-Verfahren verwenden lässt. Für einen geeigneten Anfangswert (Chernov & Ma, 2011) erwiesen sich bereits 3-4 Iterationen als ausreichend, um \hat{A} auf 3 Nachkommastellen genau angeben zu können; wogegen für einen von Eberly (2014) vorgeschlagenen Anfangswert 5 Iterationen erforderlich waren.
- ⁴¹ R^2 als resultierende Größe einer Varianzaufklärung bezeichnet ein Bestimmtheitsmaß und ist gegeben durch $1 - QS_e/QS_{tot} = QS_A/QS_{tot}$, wobei $QS_{tot} = \sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2$, $QS_A = \sum_{i=1}^N (\hat{A} - \bar{A})^2$, $QS_e = \Omega_\varepsilon = \sum_{i=1}^N (A_i - \hat{A})^2$ (siehe Box 1) (Regression mit Zielgröße A) mit $\bar{A} = ((N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N |u_i - U_M|)^2 + \lambda_A/\lambda_B \cdot (N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N |v_i - V_M|)^2)^{1/2}$ bzw. $QS_{tot} = \sum_{i=1}^N [(u_i - \bar{u}_i)^2 + (v_i - \bar{v}_i)^2]$, $QS_A = \sum_{i=1}^N [(\hat{u}_i - \bar{u}_i^*)^2 + (\hat{v}_i - \bar{v}_i^*)^2]$, $QS_e = \Omega_\varepsilon = \sum_{i=1}^N [(u_i - \hat{u}_i)^2 + (v_i - \hat{v}_i)^2]$ (orthogonale Regression) mit (\hat{u}_i, \hat{v}_i) als Punkt der Ausgleichsellipse in kürzestem Abstand zu (u_i, v_i) sowie (\bar{u}_i, \bar{v}_i) bzw. $(\bar{u}_i^*, \bar{v}_i^*)$ als Punkt der Ellipse mit großer Halbachse A in kürzestem Abstand zu (u_i, v_i) bzw. (\hat{u}_i, \hat{v}_i) .
- ⁴² Vorauszusetzen ist die Gültigkeit der Gleichung $QS_{tot} = QS_A + QS_e$. Im Fall der orthogonalen Regression ist diese für $\lambda_A = \lambda_B$ erfüllt. R^2 -Werte sind daher lediglich für $|1 - (QS_A + QS_e)/QS_{tot}| < 0.001$ angegeben und Berechnungen erfolgten gemäß $R^2 = 1 - QS_e/QS_{tot}$.

Box 1: Quadratsummenzerlegung im Modell der Regression mit Zielgröße A

Im Regressionsmodell mit Zielgröße A soll die Variation von A, $QS_{tot} = \sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2$, zerlegt werden in eine Quadratsumme QS_A (durch Regression erklärter Teil von QS_{tot}) und in eine Residuenquadratsumme QS_e (trotz Regression unerklärter Anteil). In der Gleichung

$$\underbrace{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2}_{QS_{tot}} = \underbrace{\sum_{i=1}^N (A_i - \hat{A} + \hat{A} - \bar{A})^2}_{QS_A} = \underbrace{\sum_{i=1}^N (\hat{A} - \bar{A})^2}_{QS_A} + 2(\hat{A} - \bar{A}) \cdot \sum_{i=1}^N (A_i - \hat{A}) + \underbrace{\sum_{i=1}^N (A_i - \hat{A})^2}_{QS_e} \quad (1)$$

muss daher in der rechten Seite der mittlere Term verschwinden, also $\hat{A} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N A_i$ gelten. Dieser Ausdruck für \hat{A} lässt sich auffassen als Ergebnis eines geeigneten Schätzverfahrens, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

Für eine Schätzung nach der L2-Norm

$$F(A, B) = \sum_{i=1}^N [(A_i - A)^2 + (B_i - B)^2] \rightarrow \min \quad ((A, B) \rightarrow (\hat{A}, \hat{B})) \quad (2)$$

ist

$$\frac{\partial F}{\partial A}(\hat{A}, \hat{B}) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial B}(\hat{A}, \hat{B}) = 0, \quad (3), (4)$$

$$\det \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial A^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial A \partial B} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial B \partial A} & \frac{\partial^2 F}{\partial B^2} \end{pmatrix}(\hat{A}, \hat{B}) > 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial A^2}(\hat{A}, \hat{B}) > 0 \quad (5), (6)$$

eine Bedingung für die Existenz von relativen Minima (vgl. u.a. Forster, 2013, S. 84).
Wegen

$$\frac{\partial F}{\partial A}(A, B) = 2NA - 2 \cdot \sum_{i=1}^N A_i, \quad \frac{\partial F}{\partial B}(A, B) = 2NB - 2 \cdot \sum_{i=1}^N B_i, \quad (7), (8)$$

$$\det \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial A^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial A \partial B} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial B \partial A} & \frac{\partial^2 F}{\partial B^2} \end{pmatrix}(A, B) = 4N^2, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial A^2}(A, B) = 2N \quad (9), (10)$$

liefert ein Vergleich von (3)-(6) mit (7)-(10): $\hat{A} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N A_i$, $\hat{B} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N B_i$. □

Im Speziellen lässt sich F auffassen als Funktion von nur einer Variablen, wenn das Verhältnis der Halbachsen, $A/B = (\lambda_A/\lambda_B)^{1/2}$, gegeben ist. In diesem Fall wird erfüllt

$$F(A) = \left(1 + \frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right) \cdot \sum_{i=1}^N (A_i - A)^2 \rightarrow \min \quad (A \rightarrow \hat{A}), \quad (11)$$

durch $\hat{A} = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N A_i$, da

$$\frac{\partial F}{\partial A}(\hat{A}) = 0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial A^2}(\hat{A}) > 0 \quad (13)$$

eine Bedingung für die Existenz eines relativen Minimums ist und

$$\frac{\partial F}{\partial A}(A, B) = \left(1 + \frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right) \cdot \left(2NA - 2 \cdot \sum_{i=1}^N A_i\right), \quad (14)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial A^2}(A) = \left(1 + \frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right) \cdot 2N \quad (15)$$

gilt, so dass aus einem Vergleich von (12), (13) mit (14), (15) der Ausdruck für \hat{A} sich angeben lässt. \square

denen insbesondere durch Umschaltfähigkeit (vgl. Voigt & Jendrusch, 1993) gerecht zu werden ist.

Methoden

Eine grundlegende Methode der in diesem Abschnitt angesprochenen Wahrnehmungsschulung ist das

- videobasierte Training mit Aufmerksamkeitslenkern,

das häufig in empirischen Untersuchungen der Wahrnehmungsleistungen von (Spitzen-)Volleyballspielern als **räumliche Verdeckungstechnik** (u.a. Schorer et al., 2013) oder **zeitliche Verschlussstechnik** (u.a. Wright, Pleasants & Gomez-Meza, 1990; Starkes et al., 1995; Cañal-Bruland et al., 2011; Loffing et al., 2012, 2015; Schorer et al., 2013; Güldenpenning et al., 2014) Anwendung findet. Auch eine Kombination von beiden Techniken (Schorer et al., 2013) ist gebräuchlich.

Im Vergleich von Eigenschaften der Implementierung in das [System Schiedsrichter](#) zeigt sich ein interessanter Unterschied zwischen diesen Verdeckungsparadigmen. Unter dem Aspekt des praktischen Nutzens erweist sich die zeitliche Verschlussstechnik als besonders vorteilig, da der technische Aufwand bei eigener Bereitstellung gering ist. Gleichmaßen lässt sich ein **Reaktionszeitparadigma** bewerten, womit sich eine ergänzende und naheliegende Untersuchungsmöglichkeit eröffnet. Eine weitere Methode, deren spielspezifische Anwendungsbreite von Spielelementen bis hin zu Spielkomplexen reicht (Ripoll, 1988; Vickers & Adolphe, 1997; Vans-teenkiste et al., 2014), bedient sich einer

- Untersuchung von Fixationen mittels eines Blickaufzeichnungsgerätes (Eye-Mark-Recorder)⁴³.

Hierzu liegen vor Ergebnisse aus Untersuchungen von Parametern zur Antizipation

⁴³ Ein zukünftiges und weiteres Anwendungsfeld dieser Methode oder - kostengünstig und gleichfalls effektiv einsetzbar - einer Verwendung einer am Kopf befestigten Videokamera, wie bekannt aus verschiedenen Anwendungen (zur Übersicht siehe Lahlou, 2011; sportspezifisch: u.a. Omodei & McLennan, 1994; Makenzie & Kerr, 2012; Croft & Ribeiro, 2013; MacMahon et al., 2015, S. 128), ist die Schulung der Ausführung von **Schiedsrichtertechniken**, insbesondere solcher, die das Blickverhalten zur Heranziehung von Informationen von Mitgliedern des Schiedsgerichtes (Spielführung als Teamwork) entweder zum *Urteilen & Entscheiden* oder zum *prozeduralen Handeln* nutzen.

des Ballflugs in einzelnen Spielelementen wie Aufschlag (u.a Lee, 2010), Zuspiel (Piras, Lobietti & Squatrito, 2010, 2014) und Angriff (u.a Wittig, 1982; Schade, 1983; Finder, 1990a, 1990b). Ein Vergleich der Ergebnisse von Wittig (1982) und Schade (1983) weist darauf hin, dass sich durch einen Beobachtungshinweis auf eine Unterscheidung nach Händigkeit des Angriffsspielers eine Verbesserung der Antizipationsleistung erzielen lassen sollte. Jedoch ist der erschwerende Effekt der Aufgabenstellung vermutlich einflussreicher als der helfende durch den Hinweis, wie experimentelle Befunde von Neumaier (1984) verdeutlichen.

Zudem gilt es, das Phänomen der Lateralität im Sport in seiner Bedeutsamkeit für das Volleyballspiel zu beleuchten, um zu ersten heuristischen Schlussfolgerungen für die Schiedsrichterpraxis zu gelangen, wofür sich empirisch gewonnene Unterschiede in der Antizipationsleistung beim Beobachten des händigkeitsspezifischen Angriffs (Loffing et al., 2012, 2015) heranziehen lassen. Demnach sollte eine Aufnahme und / oder Interpretation von relevanten Diagnosemerkmalen speziell für das linkshändige Angriffsspiel als besonders schwierig einzuschätzen sein.

Für Untersuchungen zum Einfluss von parafoveal bzw. peripher wahrgenommenen Inhalten auf die Antizipationsleistung, ebenso wenig wie zu einer Bestimmung des tatsächlichen Ortes der visuellen Aufmerksamkeit, eignet sich die Methode der Wahrnehmungsdiagnostik durch Blickbewegungsregistrierung allerdings nicht (Loffing, Cañal-Bruland & Hagemann, 2014). Vorteilig dagegen ist eine dem derzeitigen Entwicklungsstand mobiler Geräte entsprechende Möglichkeit, in-situ-Messungen durchführen zu können, wovon in Annahme (Lee, 2010) und Abwehr (Alfonso et al., 2012, 2014) Gebrauch gemacht wurde.

4.3 Kontrolle der visuellen Leistungsfähigkeit

Hinsichtlich einer möglichen, über die Beurteilung einer einzelnen Teilleistung hinausgehende und praktisch bedeutenden Maßnahme zur Kontrolle der visuellen Leistungsfähigkeit, um eine hohe Beobachtungskompetenz speziell bei „in“/„out“-Entscheidungen zu gewährleisten (vgl. Gomez, Spaniol & Dawes, 2013), ist aus medizinischer Sicht auf eine

- regelmäßige fachärztliche / augenoptische **Visus-Kontrolle**

hinzuweisen. Diese Maßnahme ist zur Kontrolle des 1. und 2. Schiedsrichters vor Wettbewerbsbeginn bereits durch einige Volleyball-Verbände (z.B. FIVB (FIVB Medical Commission, 2010)) als obligatorisch empfohlen worden.⁴⁴

➔ Eine Online-Visus-Selbstkontrolle ist möglich. Sie sollte zur eigenen tendenziellen Bewertung herangezogen werden.⁴⁵

⁴⁴ Die Bedeutung dieser Maßnahme wird durch eine weitere Anwendung ersichtlich. So beschränkte der amerikanische Volleyballverband in den 1980er Jahren die Kaderzugehörigkeit seiner Olympiaspieler gemäß einer Korrektur des Dioptrienwertes von maximal $-/+1.5$ (Jendrusch et al., 1995).

⁴⁵ Zu beachten: Eine Sehhilfe ist medizinisch notwendig, wenn der Visus weniger als 0.7 beträgt.

Literatur

- Abraham, F. A., Alpern, M. & Kirk, D. B. (1986). Electroretinograms evoked by sinusoidal excitation of human cones. *The Journal of Physiology*, 363, 135-150.
- Ahmann, J. (2013). Wahrnehmung im Beach-Volleyball. *Volleyball-Magazin*, (6), 21-25.
- Albernethy, B. & Wood, J. M. (2001). Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation. *Journal of Sports Sciences*, 19 (3), 203-222.
- Afonso, J., Garganta, J., Mcrobert, A., Williams, A. M. & Mesquita, I. (2012). The perceptual cognitive processes underpinning skilled performance in volleyball: evidence from eye-movements and verbal reports of thinking involving an in situ representative task. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11 (2), 339-345.
- Afonso, J., Garganta, J., Mcrobert, A., Williams, A. M. & Mesquita, I. (2014). Visual search behaviours and verbal reports during film-based and in situ representative tasks in volleyball. *European Journal of Sports Science*, 14 (2), 177-184
- Allard, F. & Starkes, J. L. (1980). Perception in sport: volleyball. *Journal of Sport Psychology*, 2 (1), 22-33.
- Asai, T., Ito, S., Seo, K. & Hitotsubashi, A. (2010). Aerodynamics of a new volleyball. *Procedia Engineering*, 2 (2), 2493-2498.
- Bahill, A. T. & Karnavas, W. J. (2004). The rising fastball and other perceptual illusions of batters. In G. K. Hung & J. M. Pallis (Eds.), *Biomedical engineering principles in sports* (S. 257-287). New York [u.a.]: Kluwer Academic, Plenum Publishers.
- Baldo, M. V. C., Ranvaud, R. D. & Morya, E. (2002). Flag errors in soccer game: the flash-lag effect brought to real life, *Perception*, 31 (10), 1205-1210.
- Belda Maruenda, F. (2004). Can the human eye detect an offside position during a football match? *British Medical Journal*, 329 (7480), 1470-1472. Korrektur (2005): 330 (7484), 188.
- Bornemann, C. (2010). *Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Tanz: eine Explorationsstudie unter besonderer Berücksichtigung des Blickverhaltens*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Bornschein, H. & Hanitzsch, R. (1978). Die Netzhaut. In G. Baumgartner, H. Bornschein, R. Hanitzsch, R. Jung, H. H. Kornhuber, I. Rentschler, H. Schober & U. Thoden (Hrsg.), *Sehen. Sinnesphysiologie III* (Physiologie des Menschen, Band 13, S. 205-261). München [u.a.]: Urban & Schwarzenberg.
- Brand, R. & Held, A. (2001). Kritische Spielphasen im Tennis – Eine sportpsychologische Interventionsstudie zur strukturierten Pausengestaltung zwischen Ballwechseln. In M. Lames, F. Barck, W. Keller, K. Körber, H. Preuß & U. Reder (Hrsg.), *Vermittlungskonzepte von Tennis in Hochschulen, Schulen und Sportvereinen* (S. 45-55). Hamburg: Czwalina.
- BSRA (Hrsg.). (2009). *Grundtechniken des Volleyball-Schiedsrichters*.
- BSRA (Hrsg.). (2014). *Der Schiedsrichter auf Spitzenniveau: Soziale und psychologische Aspekte*.
- Bless, H., Fiedler, K. & Strack, F. (2004). *Social cognition: how individuals construct social reality*. Hove [u.a.]: Psychology Press.
- Busch, G. (1953). Der Einfluß eines bewußten Sichkonzentrierens und Sichentspannens auf die Flimmerverschmelzungsfrequenz. *Psychologische Beiträge*, 1, 312-324.
- Cañal-Bruland, R. (2008). *Aufmerksamkeitsfokus und visuelle Selektion im Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Cañal-Bruland, R., Mooren, M. & Savelsbergh, G. J. P. (2011). Differentiating experts' anticipatory skills in beachvolleyball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82 (4), 667-674.
- Carmel, D., Saker, P., Rees, G. & Lavie, N. (2007). Perceptual load modulates conscious flicker perception. *Journal of Vision*, 7 (14), 1-13.
- Carosio, A. (2008). *Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung. Band 1*. Bericht 310, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie.
- Catteeuw, P., Gilis, B., Garcia-Aranda, J.-M., Tresaco, F., Wagemans, J. & Helsen, W. (2010a). Offside decision making in the 2002 and 2006 FIFA World Cups. *Journal of Sports Scienc-*

es, 28 (10), 1027-1032.

- Catteeuw, P., Gilis, B., Jaspers, A., Wagemans, J. & Helsen, W. (2010b). Training of perceptual-cognitive skills in offside decision making. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32 (6), 845-861.
- Catteeuw, P., Gilis, B., Wagemans, J. & Helsen, W. (2010c). Offside decision making of assistant referees in the English Premier League: impact of physical and perceptual-cognitive factors on match performance. *Journal of Sports Sciences*, 28 (5), 471-481.
- Catteeuw, P., Gilis, B., Wagemans, J. & Helsen, W. (2010d). Perceptual-cognitive skills in offside decision-making: expertise and training effects. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32 (6), 828-844.
- Chernov, N. & Ma, H. (2011). Least squares fitting of quadratic curves and surfaces. In S. R. Yoshida (ed.), *Computer Vision* (S. 285-302). New York: Nova Science Publishers.
- Craig, C. M., Berton, E., Rao, G., Fernandez, L. & Bootsma, R. J. (2006). Judging where a ball will go: the case of curved free kicks in football. *Naturwissenschaften*, 93 (2), 97-101.
- Croft, H. & Ribeiro, D. C. (2013). The development and application of a live transmitting head camera for video feedback in rugby decision making. *Procedia Engineering*, 60, 10-15.
- Czimek, J. (2012). Aktuelle Tendenzen des Volleyballspiels und Folgerungen für die Trainingssteuerung: Tendenzen im obersten nationalen und internationalen Leistungsbereich der Damen und Herren. *Leistungssport*, 42 (2), 26-33.
- DeLucia, P. R. & Cochran, E. L. (1985). Perceptual information for batting can be extracted throughout a ball's trajectory. *Perceptual and Motor Skills*, 61 (1), 143-150.
- Dolgov, I., McBeath, M. K. & Sugar, T. (2009). Evidence for axis-aligned motion bias: football axis-trajectory misalignment causes systematic error in projected final destinations of thrown American footballs. *Perception*, 38 (3), 399-410.
- Eberly, D. H. (2014). *Distance from a point to an ellipse, an ellipsoid, or a hyperellipsoid*. Zugriff am 24. Juni 2014 unter <http://www.geometrictools.com/LibMathematics/Distance/Distance.html>.
- Fiedler, K. & Bless, H. (2002). Social cognition. In M. Hewstone & W. Stroebe (Eds.), *Introduction to social psychology: a European perspective* (3. ed., reprinted, S. 115-149). Oxford [u.a]: Blackwell Publishers.
- Finder, G. (1990a). Diagnostik und Training der optischen Wahrnehmung im Volleyball. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Deutschen Hochschule für Körperkultur*, 31 (2), 259-278.
- Finder, G. (1990b). Untersuchung und Schulung der Wahrnehmungsfähigkeit im Volleyballsport. *Training und Wettkampf*, 28 (6/7), 136-147.
- FIVB (Hrsg.). (2012). Official volleyball rules 2013-2016.
- FIVB Medical Commission (Hrsg.). (2010). *Referees – Medical control during competitions*.
- Flügel, B., Greil, H. & Sommer, K. (1986). *Anthropologischer Atlas*. Frankfurt/Main: Wötsel.
- Forster, O. (2013). *Analysis 2. Differentialrechnung im \mathbb{R}^n , gewöhnliche Differentialgleichungen* (10., verb. Aufl.). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Fröhner, B., Kowitz, M. & Wagner, K. (1978). Zur Optimierung der Ballgeschwindigkeit bei Angriffsschlägen im Volleyball. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Deutschen Hochschule für Körperkultur*, 19 (2), 117-126.
- Geiser, G. (1977). *Mensch-Maschine-Kommunikation in Leitständen*. KfK-PDV-Bericht 131, Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe.
- Ghasemi, A., Momeni, M., Jafarzadehpour, E., Rezaee, M. & Taheri, H. (2011). Visual skills involved in decision making by expert referees. *Perceptual and Motor Skills*, 112 (1), 161-172.
- Ghasemi, A., Momeni, M., Meysam, R. & Gholami, A. (2009). The difference in visual skills between expert and novice soccer referees. *Journal of Human Kinetics*, 22 (1), 15-20.
- Ghilani, C. D. & Wolf, P. R. (2006). *Adjustment computations – spatial data analysis* (4. ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Golby, J. (1989). The relative importance of perceptual information throughout the sections of a

- cricket ball's trajectory. *Current Psychology*, 8 (3), 188-199.
- Goldstein, R., Walrath, L. C., Stern, J. A. & Strock, B. D. (1985). Blink activity in a discrimination task as a function of stimulus modality and schedule of presentation. *Psychophysiology*, 22 (6), 629-635.
- Gomez, I., Spaniol, F. & Dawes, J. (2013). *The effect of visual acuity degradation on the visual judgement of sport officials*. Zugriff am 24. Juni 2014 unter http://www.vizualedge.com/attachments/Visual_Acuity_Poster_Sport_Officials_Gomez_Spaniol_20130503.pdf.
- Grabe, M. (2011). *Grundriss der Generalisierten Gauß'schen Fehlerrechnung*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Güldenpenning, I., Steinke, A., Koester, D. & Schack, T. (2014). Athletes and novices are differently capable to recognize feint and non-feint actions. *Experimental Brain Research*, 230 (3), 333-343.
- Hakstian, A. R., Roed, J. C. & Lind, J. C. (1979). Two-sample T_2 procedure and the assumption of homogeneous covariance matrices. *Psychological Bulletin*, 86 (6), 1255-1263.
- Hartmann, E., Lachenmayr, B. & Brettel, H. (1979). The peripheral critical flicker frequency. *Vision Research*, 19 (9), 1019-1023.
- Häyrynen, M., Lahtinen, P., Mikkola, T., Honkanen, P., Paananen, A. & Blomqvist, M. (2007). *Serve speed analysis in men's volleyball*. Posterpräsentation auf dem Kongress Science for Success II (Promoting Excellence in Sport and Exercise). Jyväskylä (Finnland), 10.-12.10.2007.
- Hecht, S. & Smith, E. L. (1936). Intermittent stimulation by light: VI. Area and the relation between critical frequency and intensity. *The Journal of General Physiology*, 19 (6), 979-989.
- Helsen, W., Gillis, B. & Weston, M. (2006). Errors in judging „offside“ in association football: test of the optical error versus the perceptual flash-lag hypothesis. *Journal of Sports Sciences*, 24 (5), 521-528.
- Hylkema, B. S. (1942). Examination of the visual field by determining the fusion frequency. *Acta Ophthalmologica*, 20 (2), 181-193.
- Hotz, A. (1984). Volleyball ist wie Schach, aber mit Tempo 130 km/h. *Neue Zürcher Zeitung (NZZ)*, Nr. 304 vom 31.12.1984, 26.
- Jäger, R., Müller, T., Saler, H. & Schwäble, R. (2005). *Klassische und robuste Ausgleichsverfahren – Ein Leitfaden für Ausbildung und Praxis von Geodäten und Geoinformatikern*. Heidelberg: Wichmann.
- Jendrusch, G. (1995). *Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Jendrusch, G. (2002). Probleme bei der Bewegungsbeobachtung und -beurteilung durch Kampf-, Schieds- und Linienrichter. *Psychologie und Sport*, 9 (4), 133-144.
- Jendrusch, G. (2009). Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit – Bochumer Perspektiven. In H.-F. Voigt & G. Jendrusch (Hrsg.), *Sportspielforschung und -ausbildung in Bochum: was war, was ist und was sein könnte* (S. 117-138). Hamburg: Czwalina.
- Jendrusch, G. & Heck, H. (1998). Trainingsfaktor Auge: „schnell vor scharf“ im Tennis. *Rubin*, (1), 29-34.
- Jendrusch, G., Tidow, G. & Marées, H. de (1989). Zur Präzision bei der Beurteilung des Ball-Auftreffortes im Tennis. In D. Böning, K. M. Braumann, M. W. Busse, N. Maassen & W. Schmidt (Hrsg.), *Sport – Rettung oder Risiko für die Gesundheit?* (S. 51-55). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Jendrusch, G., Tidow, G. & Marées, H. de (1994). „In“ oder „Out“? – Zur Problematik von Schieds- und Linienrichterentscheidungen im Tennis. Teil II: Entwicklung eines Trainingsprogrammes zur Verbesserung der Ortungspräzision bei der Beurteilung von Ball-Auftrefforten im Tennis. *Tennissport*, 5 (2), 14-17.
- Jendrusch, G. & Voigt, H.-F. (2010). *Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit*. Unveröff. Manuskript eines Vortrages auf dem 35. Internationalen Hochschul-Symposium des Deutschen Volleyball-Verbandes 2010 (Volleyball in Forschung und Lehre – 2010). Barsinghausen, 25.-28.11.2010.

- Jendrusch, G., Voigt, H.-F. & Marées, H. de (1992). Zur zentral-nervalen Aktivierung bei volleyball-spezifischen Belastungen. In F. Dannemann (Red.), *Volleyball innovativ* (S. 210-227). Ahrensburg: Czwalina.
- Jendrusch, G., Wache, C., Voigt, H.-F. & Heck, H. (1995). Zum visuellen Leistungsprofil von Volleyballspieler(inne)n – Konsequenzen für die Sport- und Trainingspraxis. In F. Dannemann (Red.), *Neue Aspekte des Volleyballspiels* (S. 121-153). Hamburg: Czwalina.
- Joenssen, D. W. & Vogel, J. (2010). *Zur Güte von Signifikanztests auf mehrdimensionale Normalverteiltheit*. Arbeitsbericht Nr. 2010-02, TU Ilmenau, Institut für Wirtschaftsinformatik.
- Kao, S. S., Sellens, R. W. & Stevenson, J. M. (1994). A mathematical model for the trajectory of a spiked volleyball and its coaching application. *Journal of Applied Biomechanics*, 10 (2), 95-109.
- Kindermann, S., Reiser, M., Zentgraf, K. & Künzel, S. (2012). Regressionsanalytische Bestimmung des Flattereffekts bei Flatteraufschlägen im Beach-Volleyball. In H. Wagner (Hrsg.), *NeuroMotion – Aufmerksamkeit, Automatisierung, Adaptation* (S. 74). 9. gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. Münster, 21.-23.3.2012. Book of Abstracts. Münster: Uni-Print.
- Kowalsky, H.-J. & Michler, G. O. (2003). *Lineare Algebra* (12., überarb. Aufl.). Berlin [u.a.]: de Gruyter.
- Kray, T. (2008). *Untersuchungen über die Strömungsvorgänge bei rotierenden glatten Kugeln und Fußbällen*. Dissertation, Universität Siegen.
- Krestownikow, A.N. (1953). *Physiologie der Körperübungen*. Berlin: Volk und Gesundheit.
- Krüger, A. (1982). Die Reaktionszeit des Sportlers. Ein Überblick über ausgewählte Forschungsergebnisse. In A. Krüger (Hrsg.), *Die Reaktionszeit des Sportlers. Trainingswissenschaftliche Beiträge* (S. 4-33). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Lahlou, S. (2011). How can we capture the subject's perspective? An evidence-based approach. *Social Science Information*, 50 (3-4), 607-655.
- Lee, S.-M. (2010). Does your eye keep on the ball?: the strategy of eye movement for volleyball defensive players during spike serve reception. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 22 (1), 128-137.
- Lingen, B. (1993). *Visuelles Leistungsprofil von Volleyballschiedsrichtern verschiedener Leistungsklassen*. Diplomarbeit, RU Bochum.
- Loffing, F., Cañal-Bruland, R. & Hagemann, N. (2014). Antizipationstraining im Sport. In K. Zentgraf & J. Munzert (Hrsg.), *Kognitives Training im Sport* (Sportpsychologie, Band 8, S. 162-191), Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Loffing, F., Hagemann, N., Schorer, J. & Baker, J. (2015). Skilled players' and novices' difficulty anticipating left vs. right-handed opponents' action intentions varies across different points in time. *Human Movement Science*, 40 (4), 410-421.
- Loffing, F., Schorer, J., Hagemann, N. & Baker, J. (2012). On the advantage of being left-handed in volleyball: further evidence of the specificity of skilled visual perception. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 74 (2), 446-453.
- Long, G. M. (1994). Exercises for training vision and dynamic visual acuity among college students. *Perceptual and Motor Skills*, 78 (3), 1049-1050.
- Long, G. M. & Riggs, C. A. (1991). Training effects on dynamic visual acuity with freehand viewing. *Perception*, 20 (3), 363-371.
- Loose, R. (1999). Psychophysikalische und elektrophysiologische Aspekte der vestibulär-visuellen Interaktion. In H. H. Bülhoff, M. Fahle, K. R. Gegenfurtner & H. A. Mallot (Hrsg.), *Beiträge zur 2. Tübinger Wahrnehmungskonferenz* (S. 30), 2. Tübinger Wahrnehmungskonferenz. Tübingen, 26.-28.2.1999. Book of Abstracts. Kirchentellinsfurt: Knirsch-Verlag.
- MacMahon, C., Mascarenhas, D., Plessner, H., Pizzera, A., Oudejans, R. R. D. & Raab, M. (2015). *Sports officials and officiating: science and practice*. London [u.a.]: Routledge.
- Makenzie, S. H. & Kerr, J. H. (2012). Head-mounted cameras and stimulated recall in qualitative sport research. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 4 (1), 51-61.
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P. & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in

- sport: a meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29 (4), 457-478.
- McBeath, M. K. (1990). The rising fastball – baseball's impossible pitch. *Perception*, 19 (5), 545-552.
- Meininger, A. (2012). *Technical evaluation 2012 London Olympic Games*. Zugriff am 24. Juni 2014 unter <http://www.fivb.org/en/technical/olympics/2012/men/>.
- Montesi, B. (2003). *Guidelines for line judges* (ERC, Edition February 2003).
- Moras, G., Buscà, B., Peña, J., Rodríguez, S., Vallejo, L., Tous-Fajardo, J. & Mujika, I. (2008). A comparative study between serve mode and speed and its effectiveness in a high-level volleyball tournament. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (1), 31–36.
- Neumaier, A. (1983). Beobachtungsstrategien und Antizipation bei der Abwehr von Volleyballangriffen. *Leistungssport*, 13 (4), 5-10.
- Neumaier, A. (1984). Zum Einfluss von Beobachtungsanweisungen auf die Antizipation von Volleyballangriffen. In E. Christmann (Red.), *Volleyball trainieren* (S. 171-194). Ahrensburg: Czwilina.
- Neumaier, A. (1988). *Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Sport*. Sankt Augustin: Academia.
- Niemeier, W. (2008). *Ausgleichsrechnung. Statistische Auswertmethoden* (2., überarb. und erw. Aufl.). Berlin [u.a.]: de Gruyter.
- Nijhawan, R. (1994). Motion extrapolation in catching. *Nature*, 370 (6487), 256–7.
- Omodei, M. M. & McLennan, J. (1994). Studying complex decision making in natural settings: using a head-mounted video camera to study competitive orienteering. *Perceptual and Motor Skills*, 79 (3) Part 2, 1411-1425.
- Oudejans, R. R. D., Verheijen, R., Bakker, F. C., Gerrits, J. C., Steinbrückner, M. & Beek, P. J. (2000). Errors in judging „offside“ in football. *Nature*, 404 (6773), 33.
- Piras, A., Lobiatti, R. & Squatrito, S. (2010). A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: comparison between athletes and non-athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50 (1), 99-108.
- Piras, A., Lobiatti, R. & Squatrito, S. (2014). Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *Journal of Ophthalmology*, 2014 (Article ID 189268), 1-10.
- Pizzera, A. & Raab, M. (2012). Perceptual judgments of sports officials are influenced by their motor and visual experience. *Journal of Applied Sport Psychology*, 24 (1), 59-72.
- Plessner, H. & Raab, M. (1999). Kampf- und Schiedsrichterurteile als Produkte sozialer Informationsverarbeitung. *Psychologie & Sport*, 6 (4), 130-145.
- Raninen, A. & Rovamo, J. (1986). Perimetry of critical flicker frequency in human rod and cone vision. *Vision Research*, 26 (8), 1249-1255.
- Regan, D. (2012). Vision and cricket. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 32 (4), 257-270.
- Rensink, R. A. (2008). *Limits to the use of iconic memory*. Zugriff am 24. Juni 2014 unter http://cvcl.mit.edu/SUNSeminar/Rensink_iconic_memory08.pdf.
- Riddell, L. A. (1936). The use of the flicker phenomenon in the investigation of the field of vision. *British Journal of Ophthalmology*, 20 (7), 385-410.
- Rienhoff, R. & Strauß, B. (2014). Training der Augenbewegungen im Sport. In K. Zentgraf & J. Munzert (Hrsg.), *Kognitives Training im Sport* (Sportpsychologie, Band 8, S. 162-191), Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Ripoll, H. (1988). Analysis of visual scanning patterns of volleyball players in a problem solving task. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 9-25.
- Roehrig, W. C. (1959). The influence of area on the critical flicker-fusion threshold. *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 47 (2), 317-330.
- Rovamo, J. & Ranien, A. (1984). Critical flicker frequency as a function of stimulus area and luminance at various eccentricities in human cone vision: a revision of Granit-Harper and Ferry-Porter laws. *Vision Research*, 28 (7), 785-790.
- Sanderson, F. H. & Whiting, H. T. A. (1974). Dynamic visual acuity and performance in a catching task. *Journal of Motor Behavior*, 6 (2), 87-94.

- Schade, F. (1983). *Empirische Untersuchung zum Blick- und Entscheidungsverhalten beim Beobachten von Volleyballangriffsaktionen unter Verwendung von Beobachtungsanweisungen*. Schriftl. Hausarbeit, DSHS Köln.
- Schapschröer, M., Holzey, C., Bund, A. & Sickenberger, W. (2011). Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung im Sport. *Deutsche Optikerzeitung*, (1), 92-96.
- Schmidt, O. (1991). *Zur Beobachtungsleistung von Handball-Schiedsrichtern – Eine empirische Untersuchung der Angriffssituation „Sprungwurf von Linksaußen“*. Examensarbeit, RU Bochum.
- Schnyder, U., Koedijker, J. M., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2014). *Gaze behaviour in offside decision-making in football: a field study*. Manuskript eines Vortrages, 1st International Conference on the Science and Practise of Sports Refereeing. Clermont-Ferrand (Frankreich), 22.-24.09.2014. Zugriff am 24. Juni 2015 unter <http://perf.arbitrage.univ-bpclermont.fr/article146.html>.
- Schorer, J., Rienhoff, R., Fischer, L. & Baker, J. (2013). Foveal and peripheral fields of vision influences perceptual skill in anticipating opponents' attacking position in volleyball. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38 (3), 185-192.
- Seitz, A. R., Nanez, J. E., Holloway, S. R. & Watanabe, T. (2005). Visual experience can substantially alter critical flicker fusion thresholds. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 20 (1), 55-60.
- Seitz, A. R., Nanez, J. E., Holloway, S. R. & Watanabe, T. (2006). Perceptual learning of motion leads to faster flicker perception. *PLoS ONE*, 1 (1), e28.
- Smeeton, N., Page, J., Causer, J., Wilson, M., Gay, R. & Williams, M. (2013). The BASES expert statement on the effectiveness of vision training programmes. *The Sport and Exercise Scientist*, 38 (4), 12-13.
- Smeeton, N. J., Williams, A. M., Hodges, N. J. & Ward, P. (2005). The relative effectiveness of various instructional approaches in developing anticipation skill. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11 (2), 98-110.
- Spitzer, W., Schulz, W., Prinz, T. & Keul, A. (2011). GIS-basierte Methode zur genaueren Schätzung der Blitzdichte. In J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2011* (S. 599-604). Berlin [u.a.]: Wichmann.
- Starkes, J. L. & Allard, F. (1983). Perception in volleyball: the effect of competitive stress. *Journal of Sport Psychology*, 5 (2), 189-196.
- Starkes, J. L., Edwards, P., Dissanayake, P. & Dunn, T. (1995). A new technology and field test of advance cue usage in volleyball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66 (2), 162-167.
- Tidow, G. (1993). Bewegungssehen – Möglichkeiten und Grenzen. In H.-F. Voigt (Red.), *Bewegungen lesen und antworten* (S. 15-72). Ahrensburg: Czwilina.
- Tidow, G., Brückner, P. & Marées, H. de (1985). Zur Bedeutung der dynamischen Sehschärfe in den Rückschlagspielen. In H. Rieckert (Hrsg.), *Sportmedizin – Kursbestimmung* (S. 590-593). Berlin [u.a.]: Springer.
- Tidow, G., Wühst, K. D. & Marées, H. de (1987). Zur dynamischen Sehschärfe als leistungsbeeinflussende Größe im Sport. In I. W. Franz, H. Mellerowicz & W. Noack (Hrsg.), *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt* (S. 353-358). Berlin [u.a.]: Springer.
- Tilp, M. (2004). Biomechanische Aspekte des Volleyballspiels – Sprung, Schlag und Ballflugbahn. In K. Zentgraf & K. Langolf (Hrsg.), *Volleyball – europaweit 2003* (S. 99-114). Hamburg: Czwilina.
- Unkelbach, C., Plessner, H. & Haar, T. (2009). Soziale Kognitionen im Sport. In W. Schlicht & B. Strauß (Hrsg.), *Grundlagen der Sportpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie V, Band 1, S. 681-717). Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Vansteenkiste, P., Vaeyens, R., Zeuwts, L., Philippaerts, R. & Lenoir, M. (2014). Cue usage in volleyball: a time course comparison of elite, intermediate and novice female players. *Biology of Sport*, 31 (4), 295-302.

- Veltmann, J. A. & Gaillard, A. W. K. (1996). Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biological Psychology*, 42 (3), 323-342.
- Vlassova, A. & Pearson, J. (2013). Look before you leap: sensory memory improves decision making. *Psychological Science*, 24 (9), 1635-1643.
- Vickers, J. N. & Adolphe, R. M. (1997). Gaze behavior during a ball tracking and aiming skill. *International Journal of Sports Vision*, 4 (1), 18-27.
- Voigt, H.-F. (1987). Antizipation ja – aber wie? Sinnesphysiologische Rahmenbedingungen in der Praxis. In F. Dannemann (Red.), *Entwicklungen und Trends im Volleyball* (S. 185-198). Ahrensburg: Czwalina.
- Voigt, H.-F. (2009). Priv. Mitteilung.
- Voigt, H.-F. & Jendrusch, G. (1993). Zur Bedeutung von Wiedererkennungseleistungen im Volleyball. In H.-F. Voigt (Red.), *Bewegungen lesen und antworten* (S. 88-129). Ahrensburg: Czwalina.
- Volz, D. (2012). Eye training ‚Lens‘ itself to better judgment. *Referee*, 427 (5), 62-63.
- Wei, Q, Lin, R. & Liu, Z. (1988). Vortex-induced dynamic loads on a non-spinning volleyball. *Fluid Dynamics Research*, 3 (1-4), 231-237.
- Wiemeyer, J. (1990). *Zentralnervöse Aktivierung und sportliche Leistung*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Williams, A. M., Davids, K. & Williams, J. G. (2000). *Visual perception and action in sport* (Reprinted). London [u.a.]: E & FN Spon.
- Wittig, Ch. (1982). *Untersuchung zum Blick- und Entscheidungsverhalten beim Beobachten von Volleyballangriffsaktionen*. Diplomarbeit, DSHS Köln.
- Wolf, E. & Schraffa, A. M. (1964). Relationship between critical flicker frequency and age in flicker perimetry. *Archives of Ophthalmology*, 72 (6), 832-843.
- Wood, J. M. & Albernethy, B. (1997). An assessment of the efficacy of sports vision training programs. *Optometry and Vision Science*, 74 (8), 646-659.
- Wright, D. L., Pleasants, F. & Gomez-Meza, M. (1990). Use of advanced visual cue sources in volleyball. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12 (4), 406-414.
- Zhang, Z. (1997). Parameter estimation techniques: A tutorial with application to conic fitting. *Image and Vision Computing*, 15 (1), 59-76.
- Zimmermann, B. (2009). Olympianalyse 2008 in der Sportart Volleyball. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 16 (1), 164-184.
- Zimmermann, B., Beyer, C.-N., Gawin, W. & Büsch, D. (2012). Zum Einfluss veränderter Balleigenschaften auf das Flugverhalten des Volleyballs. In H. Wagner (Hrsg.), *NeuroMotion – Aufmerksamkeit, Automatisierung, Adaptation* (S. 75). 9. gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. Münster, 21.-23.3.2012. Book of Abstracts. Münster: Uni-Print.
- Zimmermann, B., Beyer, C.-N., Schmidt, W. & Schönlebe, U. (2010). *Untersuchungen Windkanal – Ergebnisse und trainingspraktische Empfehlungen (Sportart Volleyball)*. Unveröff. Manuskript eines Vortrages auf dem 35. Internationalen Hochschul-Symposium des Deutschen Volleyball-Verbandes 2010 (Volleyball in Forschung und Lehre – 2010). Barsinghausen, 25.-28.11.2010.
- Zwierko, T., Lubiski, W., Lesiakowski, P., Steciuk, H., Piasecki, L. & Krzepota, J. (2014). Does athletic training in volleyball modulate the components of visual evoked potentials? A preliminary investigation. *Journal of Sports Sciences*, 32 (16), 1519-1528.